

**UNIVERSITETET I OSLO, UTDANNINGSVITENSKAPELIG FAKULTET, INSTITUTT FOR
LÆRERUTDANNING OG SKOLEFORSKNING**

Små forskere lærer naturfag

**En longitudinell studie av 10-13 åringers
naturfagkompetanse i en utforskende kontekst**

Anne Bergliot Øyehaug

Avhandling for Ph. D graden

2014

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	3
Forord	5
Sammendrag	7
1. Introduksjon	11
1.1 Bakgrunn for forskningsspørsmålene	12
1.2 Oversikt over artiklene	14
2. Teorier om kunnskaper i og læring av naturfag	15
2.1 Læring som en individuell aktivitet	15
Individuell konstruktivisme	15
Konsistens i elevtenkning	16
Endring i elevenes forståelse	17
Elevs fragmenterte kunnskap	18
2.2 Læring som en sosial aktivitet	20
2.3 Lære om stoffer og stoffers endringer	22
Grunnleggende ideer i naturfag	22
Hvordan lærer barn om stoffer og stoffers endringer	23
Læringsprogresjoner	25
Dyp og kompleks forståelse i naturvitenskap	26
2.7 Utforskende arbeidsmåter i naturfag	28
Naturvitenskapens arbeidsmåter i skolens naturfag – et historisk perspektiv	28
Praksis og teori i eksperimentelt arbeid	30
Elevs deltagelse i utforskende arbeidsmåter	31
Ferdigheter i produkt og prosess kan støtte hverandre	32
Støttestrukturer i utforskende arbeidsmåter	33
2.8 Forståelse for naturvitenskapens egenart (Nature of Science, NOS)	34
Naturvitenskapens egenart	34
Logisk positivisme og Poppers falsifikasjonsteori	35
Thomas Kuhn og paradigmer	36
Modell-drevet virksomhet	37
Naturvitenskapens egenart i dag	37
Personlig epistemologi	38
Elevs naturvitenskapelige epistemologi	39
«Måling» av elevenes ideer om naturvitenskapens egenart	41
Bevissthet om egen kunnskapsutvikling og praktisk epistemologi	42
2.9 Læring av naturvitenskapens produkt og prosess	43
Konsekvenser for denne studien	43
Elevs naturvitenskapelige kompetanse	44
Learning strand 1	46
Learning strand 2	46
Learning strand 3	46
Learning strand 4	47
Naturfag som allmenndannelse	47
3. Metodiske problemstillinger	49
3.1 Kritisk realisme	49
3.2 Metodevalg	50
Læreplananalyse	50
En longitudinell case-studie	51
En intervensjonsstudie – aksjonsforskning og «Design Based Research»	53
3.3 Beskrivelse av den longitudinelle studien	55

En syklisk prosess – undervisning, datainnsamling og revisjoner.....	55
3.4 Utvalget i den longitudinelle studien	63
3.5 Datainnsamling i den longitudinelle studien	64
Videoopptak fra undervisningen	65
Intervju av fokusgruppeelever	66
Individuelt sluttintervju	66
3.6 Analyse av data	67
Teoretisk rammeverk som basis for analyse av data.....	67
Analyse av data fra læreplanen (artikkel I).....	68
Analyse av data i den longitudinelle studien (artikkel II, III og IV).....	69
3.7 Validitet og reliabilitet	73
Validitet og reliabilitet i kvalitativ forskning	73
Pålitelighet	73
Troverdighet	74
Overførbarhet.....	77
3.8 Forskningsetiske problemstillinger.....	77
Forskerens tosidige rolle i implementering av praksis	77
Teori og praksis	78
Forskerens rolle	78
4. Resultater.....	80
4.1 Oppsummering av artiklene	80
Sammendrag av artikkel I	80
Sammendrag av artikkel II	82
Sammendrag av artikkel III	83
Sammendrag av artikkel IV	85
5. Diskusjon	87
5.1 Realisering av elevers brede og dype kompetanse i naturfag.....	87
De fire «learning strands» på mellomtrinnet	87
Læringsprogresjoner for å oppnå dyp forståelse og komplekse ferdigheter	90
5.2 Produkt- og prosessperspektiver støtter hverandre ved læring av naturfag	93
5.3 Rammer og støttestrukturer ved utforskende arbeidsmåter.....	96
5.4 Oppsummering av forskningsspørsmålene.....	97
5.5 Implikasjoner.....	98
Implikasjoner for undervisning	98
Implikasjoner for forskning.....	99
Referanser.....	101

Artikkel I. Metode for analyse av læreplaner i naturfag – anvendt på den norske læreplanen

Artikkel II. Students' understanding of nature of matter and chemical reactions - a longitudinal study of conceptual restructuring

Artikkel III. Sammenhengen mellom naturvitenskapelig produkt og prosess - en studie av dialoger fra utforskende arbeid relatert til stoffer og stoffers endringer

Artikkel IV. Elevers refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter

Vedlegg 1

Vedlegg 2

Vedlegg 3

Vedlegg 4

Vedlegg 6: Errataliste

Forord

Arbeidet med denne avhandlingen startet som et skole-foreldreinitiativ for å oppnå bedre læringsresultater i skolene i en kommune på Østlandet. Prosjektet ble kalt Bedre læringsstrategier i realfag, og avhandlingen min er et knippe resultater fra dette prosjektet. Avhandlingsarbeidet har medført en rekke nye opplevelser, refleksjoner og ikke minst relasjoner. Jeg vil derfor først rette en takk til elevene som har gjort datamaterialet levende og tilgjengelig, og til læreren deres som bidro til dette. Uten samarbeidet med henne og hennes kyndige klasseledelse ville ikke denne avhandlingen vært mulig å gjennomføre.

Jeg er også svært takknemlig for samarbeidet med Anne Holt, som både har vært samarbeidspartner og biveileder i arbeidet med avhandlingen. All samskriving, diskusjoner og konstruktiv kritikk har betydd svært mye for min fremdrift i avhandlingen. Tusen takk for tålmodig oppfølging og samarbeid!

Videre vil jeg takke min veileder Doris Jorde for å være en inspirator, og for å ha bidratt med sin støtte og rettleiding gjennom hele perioden. Takk for at du hele tiden har gitt meg troen på at det var mulig å gjennomføre dette! Jeg vil også takke Erik Knain og Marianne Ødegaard for veldig gode råd underveis i skriveprosessen. Videre vil jeg takke kommisjonen med Svein Sjøberg i spissen for innspill til revisjoner i en «ny sistefase» av skriveprosessen. Disse innspillene fikk meg til å reflektere ytterligere over både teorigrunnlaget og funn i artiklene.

Jeg vil også takke mine kollegaer på LUNA som bidrar til et flott arbeidsmiljø. Spesielt vil jeg takke Per Ivar Kvammen for samarbeid, diskusjoner og gjennomlesning i sluttfasen. Rådene du gav hjelp meg veldig! Videre vil jeg takke Arne Jordet for mange givende og konstruktive diskusjoner. Hele tiden mens jeg har arbeidet med avhandlingen, så har jeg arbeidet som lærerutdanner. I den forbindelse vil jeg takke lærerstudenter og praksislærere som har deltatt og vært inspirasjon i diskusjoner om ulike undervisningsopplegg i naturfag.

Til slutt vil jeg takke min familie, som har holdt ut med meg gjennom dette avhandlingsarbeidet. Takk til mamma og pappa som støtter meg uansett og har interessert seg for avhandlingen min på hver sine måter, pappa med sin bakgrunn som lærer og mamma med sin doktorgrad i farmasi. En spesiell takk til mamma for hjelp til transkribering og

gjennomlesning i sluttfasen. Takk til bror Leiv som har delt sine erfaringer fra sitt doktorgradsarbeid med meg. Videre vil jeg takke mine to tenåringsbarn Lars og Elisabeth for å ha levd med en ekstra travel mor de siste årene, og for mer eller mindre villig å ha bidratt og deltatt i diskusjoner om undervisning generelt og naturfagundervisning spesielt. Det samme gjelder min kjæreste og mann Gjermund. Takk for at du har vært tålmodig gjennom disse årene! Minstemann Olav August ble til i starten av prosjektet og nærmer seg snart skolealder. Han har inspirert meg til å reflektere over hvordan små barn utforsker fenomener rundt seg.

Takk til alle som på ulike måter har hjulpet meg i arbeidet med avhandlingen!

Anne Bergliot Øyehaug, februar 2014

Sammendrag

Hovedmålet med denne avhandlingen var å undersøke hvilke muligheter norske elever har for å lære naturfag, og tar for seg en studie der forskere og en av lærerne på en skole samarbeidet. Samarbeidet dreide seg om en langsiktig planlegging og gjennomføring av undervisning i naturfag på mellomtrinnet. Forskere deltok aktivt i planlegging av undervisningen, og hadde ansvar for å implementere progresjon og utforskende arbeidsmåter i undervisningsplanene. Videre ønsket vi å undersøke hvordan slike prinsipper i undervisningen virket på elevenes læring. En av studiens hensikter var altså å undersøke sammenhengen mellom en bestemt undervisningsdesign og elevens læreprosesser. Vi fulgte fire elever i en klasse gjennom to år (5-7.trinn), og datamaterialet består av videodata fra undervisning og intervjuer. Undervisningen tok utgangspunkt i den norske læreplanen, og vi gjorde i den forbindelse en analyse av denne planen for å finne ut hvordan den ivaretok naturvitenskapelig produkt og prosess. Både i analysen av kompetansemålene i læreplanen og av elevenes uttalelser benytter vi kategorier basert på Duschl, Schweingruber og Shouse (2007) sin metafor av produkt- og prosessperspektivene i naturvitenskap (de fire «learning strands»). Denne metaforen gir en oppsummering av hvilken innsikt og ferdigheter elever bør utvikle i naturfag etter endt skolegang.

Den norske læreplanen i naturfag for mellomtrinnet ser til en viss grad ut til å kunne bidra til realisering av elevens naturvitenskapelige kompetanse. Videre ser det ut til at elevene ervervet seg relativt dyp og bred naturfaglig kompetanse mot slutten av den longitudinelle studien. Det at undervisningen var inspirert av læringsprogresjoner og gjennomsyret av støttestrukturer ved utforskende arbeid, kan ha bidratt til dette. Funn viser at elevene restrukturerte og omorganiserte sin forståelse for stoffer og kjemiske reaksjoner slik at den ble mer avansert i løpet av studien, og indikerer at læringsprogresjoner kan bidra til å styrke elevenes forståelse for naturvitenskapens produkt. Det viste seg at evnen til å koble naturvitenskapens produkt til naturvitenskapelige arbeidsmåter var ulik hos de fire elevene og varierte fra en naturvitenskapelig metode til en annen. Videre så det ut til at elevenes forståelse av stoffer og kjemiske reaksjoner påvirker ferdigheter i naturvitenskapens arbeidsmåter i positiv retning. Selv om elevenes refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter inneholdt sentrale elementer fra naturvitenskapelig epistemologi, så det ut til

at de kun hadde overfladisk epistemologisk forståelse. Resultatene indikerer at undervisningen bør tilrettelegge for kobling mellom naturvitenskapelig produkt og prosess, og for refleksjoner om utforskende arbeidsmåter underveis. Det kan se ut til at utforskende arbeidsmåter kan være et virkemiddel for å gjøre undervisningen variert og relevant for elevenes liv og fremtid, samtidig som elevene får kompetanse i både naturvitenskapens produkt og prosess. Fire artikler utgjør kjernen i avhandlingen, og de bidrar på ulike måter med resultater som gir mer kunnskap om mulighetene norske elever har for å tilegne seg naturvitenskapens produkt og prosess.

I artikkel I foreslår vi en metode for å analysere den norske læreplanen i naturfag med hensyn på naturvitenskapens produkt- og prosessperspektiver (Duschl et al., 2007) og taksonomi (Webb, 1997). Resultatet viser at mer enn halvparten av målformuleringene dreier seg om å formidle naturvitenskapelige begreper og teorier. Videre dreier drøyt en tredjedel av målformuleringene seg om naturvitenskapelige arbeidsmåter. Bare 7 % av målformuleringene kan knyttes eksplisitt til samhandling og kun 3 % til den naturvitenskapelige tenkemåte. Når det gjelder målformuleringenes dybde så øker kompleksiteten oppover i klassetrinnene, dog i noe varierende grad. Analysen viser at den norske læreplanen bare til en viss grad oppfyller anbefalinger om undervisning som integrerer naturvitenskapens produkt- og prosessperspektiver (for eksempel Duschl et al., 2007).

I artikkel II blir elevenes forståelse av stoffer og kjemiske reaksjoner undersøkt gjennom hele den toårige studien. Et perspektiv på konseptuell endring, definert som *conceptual restructuring* (Clark, 2006), brukes som teoretisk rammeverk i artikkelen. Det ser ut til at elevene restrukturerte og omorganiserte sine kunnskapsstrukturer i løpet av den longitudinelle studien, for eksempel ved hjelp av *differensiering* (et begrep blir til to), *koalesens* (to ideer flettes sammen) og *promotering* (fremme en bestemt ide i mange sammenhenger). Eksempler viser også at elever uttrykte ufullstendige og uferdige kunnskapselementer, og at uttalelsene deres var kontekstavhengige. Basert på tidligere forskning (Taber, 2004; Özdemir & Clark, 2007) og med støtte i våre funn, bør læreplanen introdusere stoffer i tidlig skolealder og deretter repeteres i mange sammenhenger, slik at

elevene får muligheter til å anvende, utvide og raffinere sin forståelse i løpet av de neste skoleårene.

Artikkel III tar utgangspunkt i studier som har funnet at forståelse og forestillinger om naturvitenskapelige begreper og teorier har stor betydning for sentrale prosessaspekter (Amsel & Brock, 1996; Echevarria, 2003; Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, & Andersen, 1995; Schauble, 1990), og at resonneringsprosesser og begrepsforståelse er gjensidig avhengige av hverandre (Schauble, 1996). Ferdigheter i å koble begreper og teorier til naturvitenskapelige arbeidsmåter var ulik hos de fire elevene og varierte fra en naturvitenskapelig metode til en annen. Elevene anvendte teorier og begreper om stoffer og stoffers endringer på et høyere nivå når de tolket data enn når de lagde hypoteser og forslo forskningsdesign. Videre ser det ut til at elevenes forståelse av naturvitenskapens produkt kan påvirke elevenes kompetanse i naturvitenskapens prosesser i positiv retning. For å lykkes med å koble naturvitenskapelig innhold til arbeidsmåter er det viktig at lærer tilrettelegger for situasjoner som får elevene til å koble naturvitenskapelige arbeidsmåter og naturvitenskapelige teorier og begreper, blant annet gjennom å bruke maler og kriterier for vitenskapelige arbeidsmåter og ved å stille rike og relevante spørsmål.

Artikkel IV tar utgangspunkt i Sandovals (2005) forslag om å samle elevens naturvitenskapelige epistemologi i fire punkter, og hensikten med studien var å undersøke hvordan elevene utvikler refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter i en utforskende undervisningspraksis. Studentene laget og testet hypoteser, deltok i utarbeidelse av forskningsdesign og tolket data. Elevene ble flere ganger i den toårige studien bedt om å reflektere over naturvitenskapens egenart. Elevenes refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter berørte flere elementer fra Sandovals fire hovedpunkter for naturvitenskapelig epistemologi. Et viktig funn var likevel at ingen av elevene i løpet av studien var i nærheten av et høyt refleksjonsnivå. Resultatene indikerer at eksperimentell aktivitet kan styrke elevens bevissthet om naturvitenskapelig tenkemåte, men dette er avhengig av at læreren legger til rette for refleksjoner om utforskende arbeidsmåter underveis. Refleksjon over naturvitenskapelige arbeidsmåter og refleksjon over egen læring kan i større grad kobles sammen (jfr. praktisk epistemologi, Sandoval, 2005).

1. Introduksjon

Denne avhandlingen dreier seg om skolefaget naturfag, og inkluderer undersøkelser både av læreplanen og av elever som utvikler naturvitenskapelig kompetanse, altså innsikt og ferdigheter i naturvitenskap. Naturvitenskap er en samlebetegnelse for vitenskaper som prøver å beskrive og forstå fenomener i naturen. Naturvitenskapen har blitt drevet fram av menneskers ønske om å forstå fenomener i naturen; hva de består av og hvordan de virker. Denne vitenskapen består av metoder og prosesser som skal bidra til utvikling av ny kunnskap, og sikre at forskere verken lurer seg selv eller andre i ervervelsen av ny kunnskap. Mine egne erfaringer fra naturfag i skolen viser imidlertid at fagets innhold ofte presenteres som et sett med etablerte produkter i form av faktakunnskap. Det kan se ut til at dette sjelden settes i sammenheng med at kunnskap stadig er i endring på grunn av eksperimenter, observasjoner og nye tolkninger.

Naturvitenskapen består både av et *produktperspektiv* som representerer den nåværende forståelsen av naturen og av de *prosesser* hvor denne kunnskapsbasen stadig utvides, forbedres og revideres. Med naturvitenskapens *produktperspektiv* menes begrepene (for eksempel molekyl og energi), lovmessighetene (for eksempel Newtons lover og Mendels arvelover), modellene (for eksempel den kinetiske partikkelmodellen for stoffer) og teoriene (for eksempel evolusjonsteorien), og med *prosessperspektivet* menes de metoder, teknikker og prosedyrer man benytter i naturvitenskapen for å vinne ny erkjennelse. I den norske læreplanen i naturfag (Utdanningsdirektoratet, 2006, 2013) framstår nettopp naturvitenskapen på to måter: som et produkt som viser den kunnskapen vi har i dag, og som prosess som dreier seg om naturvitenskapelige metoder for å bygge ny kunnskap. I den innledende delen av læreplanen (ibid.) hevdes det at alle skolens fag skal være allmenndannende. Dette innebærer at skolens naturfag skal tilby elevene naturvitenskapelige kunnskaper som folk flest bør ha i vårt samfunn. I læreplanen for naturfag (ibid.) påpekes det at faget bør bidra til å øke elevenes evne til å delta på en reflektert og kritisk måte i et demokratisk samfunn. Blant annet nevnes det at elevene bør delta i hypotesetesting, eksperimentering, systematiske observasjoner, åpenhet, diskusjoner, kritisk vurdering, argumentasjon og begrunnelser for konklusjoner og formidling.

1.1 Bakgrunn for forskningsspørsmålene

Formålet med skolens naturfag er med andre ord at elevene skal oppnå kompetanse både i naturvitenskapelig produkt og prosess. Resultater fra PISA 2006 viser imidlertid at elever i de nordiske landene er langt bedre på å forklare naturvitenskapelige fenomener enn de er i naturvitenskapelige metoder (Kjærnsli, Lie, Olsen, & Roe, 2007). Videre ser det ut til at norske elever ikke er spesielt gode til å forklare naturvitenskapelige begreper og teorier. På tross av framgangen i TIMSS 2011 var prestasjonene til norske elever i naturfag på 4. og 8. trinn fortsatt svake i et internasjonalt perspektiv. I 2011 hadde Norge få elever på de høyeste kompetansenivåene i naturfag, og en stor andel elever på det laveste kompetansenivået eller under det laveste nivået (Grønmo et al., 2012). På bakgrunn av disse resultatene, kan det se ut som norske elevers innsikt og ferdigheter i naturvitenskapens produkt og prosesser har forbedringspotensiale.

Forskningsspørsmålene i denne avhandlingen handler nettopp om de mulighetene norske elever har for å tilegne seg naturvitenskapens produkt og prosess. Forskningsarbeidet og skriving av artikler er gjort i samarbeid med Anne Holt. Avhandlingen er skrevet for å bidra til det naturfagdidaktiske forskningsfeltet, men ambisjonen har også vært å skrive på en måte som gjør at naturfaglærere kan ha praktisk nytte av funnene i sitt daglige undervisningsarbeid.

Spørsmål som er relevante, både for forskningsfeltet og for naturfaglærere, er hvordan den norske læreplanen ivaretar naturvitenskapelig produkt og ulike perspektiver knyttet til naturvitenskapens prosesser. Derfor bestemte vi oss for å finne ut både hvordan læreplanen ivaretar *bredden* (produkt og prosess) og *dybden* (taksonomisk nivå) i elevens kompetanse. Med læreplananalysen som utgangspunkt ønsket vi å teste virkningen av en undervisning som nettopp tok sikte på å utvikle kompetanse i naturvitenskapens produkt og prosess (*bredde*) på avanserte måter (*dybde*). Vi gjennomførte derfor en toårig studie av hvordan elever på mellomtrinnet lærer om naturvitenskapens produkt og prosesser. Forskere og lærer utviklet bestemte undervisningsopplegg, der det ble lagt vekt på at elevene skulle forklare, anvende og vurdere naturvitenskapelige begreper og teorier og utvikle bevissthet om naturvitenskapens egenart. Samtidig skulle de gjennomføre praktiske forsøk og diskutere resultatene fra disse, samt reflektere over egne læreprosesser. Det ble lagt vekt på at

elevene skulle forbedre, revidere og utvide forståelsen og ferdighetene sine over tid. Med utgangspunkt i læreplanen og elevenes læreprosesser ble det første overordnede spørsmålet utledet:

1. Hvordan kan den norske læreplanen bidra til realisering av elevenes brede og dype kompetanse i naturfag?

Vi valgte å undersøke elevenes forståelse for stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner (naturvitenskapens produkt). Videre ble elevenes ferdigheter og forståelse for naturvitenskapens prosesser undersøkt ved å samle inn data når elevene laget hypoteser, foreslo forskningsdesign og tolket data, samt når de reflekterte over det å lage hypoteser, over forskningsmetoder og over hvorfor forskere sammenlikner data. Datamaterialet i studien består av videodata fra undervisning, intervjuer og elevarbeider. På bakgrunn av disse dataene ble det stilt to nye overordnede forskningsspørsmål:

2. Hvordan utvikler elevenes forståelse for stoffer og kjemiske reaksjoner seg i undervisning som er preget av langsiktig planlegging?
3. Hvordan utvikler elevene sine ferdigheter i og refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter i en langsiktig, utforskende undervisningspraksis?

Flere studier viser at naturvitenskapens produkt- og prosessperspektiver kan støtte hverandre ved læring av naturfag (Amsel & Brock, 1996; Lehrer, Schauble, Strom, & Pligge, 2001; Schauble, 1996). Med utgangspunkt i dette stilte vi et fjerde overordnet forskningsspørsmål:


4. Hvordan kan ferdigheter i naturvitenskapens produkt og prosesser støtte hverandre ved læring av naturfag?

En av hensiktene med studien var å bidra med funn som naturfaglærere kan ha praktisk nytte av i sitt daglige undervisningsarbeid, og dette ledet til det siste overordnede forskningsspørsmålet:

5. Hvilke støttestrukturer i utforskende arbeidsmåter fremmer utvikling av elevenes kompetanse i naturfag?

I det neste kapitlet (Teorier om kunnskaper i og læring av naturfag) blir teoretiske problemstillinger som er relevante for forskningsspørsmålene drøftet. Dette teoretiske bakteppet har vært med å styre de valgene vi har gjort når vi har planlagt og samlet evidens fra undervisningen. Den første delen av dette kapitlet omhandler dybden, og den sisten delen bredden i naturvitenskapelig kompetanse. Videre blir de ulike metodene om er benyttet i denne studien presentert og drøftet (Metodiske problemstillinger). Både vitenskapsteoretiske og forskningsetiske problemstillinger løftes fram i denne delen. Deretter presenteres en oppsummering av de fire artiklene (Resultat). Til slutt blir de fem forskningsspørsmålene oppsummert og drøftet (Diskusjon).

1.2 Oversikt over artiklene

- 
- I. Holt, A. & Øyehaug, A.B. (2010). Metode for analyse av læreplaner i naturfag – anvendt på den norske læreplanen. *NorDiNa*, 6(2), 192-209
 - II. Øyehaug, A.B. & Holt, A. (2013). Students' understanding of nature of matter and chemical reactions - a longitudinal study of conceptual restructuring. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 450-467
 - III. Øyehaug, A.B. & Holt, A. (2013). Sammenhengen mellom naturvitenskapelig produkt og prosess - en studie av dialoger fra utforskende arbeid relatert til stoffer og stoffers endringer. *NorDiNa*, 9(1), 33-49
 - IV. Øyehaug, A.B. & Holt, A. (2014). Elevers refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter. Akseptert for publisering, 26/2 -2014. *Acta Didactica*

2. Teorier om kunnskaper i og læring av naturfag

Det finnes mange teoretiske perspektiver på hvordan barn lærer nye begreper og hvordan de prøver å skape mening fra fenomener i omgivelsene. I det følgende vil jeg presentere teoretiske perspektiver som er relevante for forskningsspørsmålene i denne avhandlingen og som bidrar til mitt syn på læring. Dette læringssynet har påvirket både undervisningen vi planla sammen med læreren, og metodene som ble brukt i studien. Det første jeg drøfter er hvordan læringen skjer hos den enkelte, og deretter diskuterer jeg læring i samspill med andre. Videre presenterer jeg relevant forskning om hvordan barn lærer om stoffer og stoffers endringer i et langsiktig perspektiv. Etter dette gir jeg en innføring i og en diskusjon av begrepet utforskende arbeidsmåter, og drøfter hvordan barn lærer ved hjelp av slike arbeidsmåter. Deretter redegjør og diskuterer jeg kjennetegnene ved naturvitenskapens egenart, samt hvordan barn kan reflektere over dette. Til slutt oppsummerer jeg de teoretiske perspektivene, og foreslår et teoretisk rammeverk for avhandlingen.

2.1 Læring som en individuell aktivitet

Individuell konstruktivisme

En av de viktigste bidragsyttere til teorier om hvordan barn lærer er sveitseren Jean Piaget (1896-1980). Piagets tanker om læring er sentrale for de som beskriver læring som en individuell aktivitet. Han hevder at barn tolker og forstår virkeligheten ut fra mer eller mindre klart utformede teorier eller forestillinger, og at sanseintrykkene ikke taler direkte til oss, de gir kun mening når de tolkes mot et sett med forestillinger og forventninger. Sjøberg (2009) påpeker at Jean Piagets teorier har hatt stor betydning for en rekke skolefag, men kanskje mest for naturfagene. Dette kan blant annet henge sammen med Piagets naturvitenskapelige forankring. Nesten alle hans studier av læring er knyttet til tekniske, fysiske og kjemiske problemer. Hans teorier er fremdeles interessante, også for denne avhandlingen, fordi de i stor grad har hatt innflytelse på forskning på barns egne forestillinger. Før elevene møter til naturfagundervisning, har de erfart og sanset fenomener. De har sannsynligvis derfor allerede mange forestillinger knyttet til slike hverdagserfaringer.

Konsistens i elevtenkning

Forskere i naturfagdidaktikk oppdaget at den viktigste årsaken til at elever finner begreper som kraft og energi vanskelige å forstå, er de intuitive forestillinger elevene hadde før undervisning. Det er ut til at elevene ofte assimilerer de vitenskapelige begrepene de presenteres for inn i sine eksisterende forestillinger. Denne assimilasjonen kan føre til at elevene utvikler forestillinger som ikke er i overenstemmelse med naturvitenskapelig teorier, begreper og modeller (Driver & Easley, 1978; Duit & Treagust, 1995; Novick & Nussbaum, 1981). Wandersee, Mintzes & Novak (1994) foreslår at ideer som avviker fra vitenskapelige teorier og begreper kalles «alternative conceptions» (alternative forestillinger). Han hevder at alternative forestillingene refererer til erfaringsbaserte forklaringer som elever har konstruert for å gjøre fenomener forståelige. Videre mener han at elevenes forestillinger er alternativer som må respekteres. Alternative forestillinger kan betraktes som fornuftige, og vil ofte kunne føre til bedre og fruktbare forestillinger som er mer i overensstemmelse med gjeldende vitenskapelige begreper og teorier. Begrepene «alternative paradigmer», «conceptual framework» og «alternative framework» (Driver & Easley, 1978) peker hen på at slike forestillinger utgjør et helhetlig rammeverk, eller at de utgjør en slags «naiv teori» om verden. Elevens forståelse har altså en form for ordnet kunnskapskonstruksjon. I følge dette perspektivet har elevene en sett ideer om et fenomen eller et begrep. Disse ideene er strukturerte og konsistente og inngår i en sammenhengende og logisk helhet som utgjør elevenes måte å tolke virkeligheten på.

Det er identifisert mange likheter i elevtenkning, og det er kartlagt en rekke «alternative forestillinger» som deles av mange i ulike deler av verden. Det er likevel ikke åpenbart at elever som har disse forestillingene besitter teoriaktige, universelle mentale representasjoner av verden. Driver og Erickson (1983) reiser spørsmålet ved forestillingers stabilitet og konsistens, og påpeker blant annet at elevenes oppfatninger er mer stabile når de har erkjent vitenskapelig aksepterte teorier enn når de har alternative forestillinger. Forestillingene som elevene har er ofte preget av å være knyttet til konkrete situasjoner eller spesifikke begreper. I naturfag møter elever ofte fenomener eller emner som de ikke har erfart med sansene. Et eksempel er ideen om at all materie er bygd opp av bitte små usynlige partikler. Fischer og Lichtfeldt (1992) og Johnson (1998) undersøkte elevens partikkelforståelse, og hevdet at elevenes tenkning bar preg av å være fragmentarisk fordi

de hadde lært og erfart så lite om partikler i skole og hverdag. Det er lite som tyder på at elevene har en egen teori om partikkelmodellen for stoffer. En elev kan i et tenkt tilfelle for eksempel uttrykke forståelse for at luft består av partikler når partikkelmodellen blir introdusert i undervisningen. Hvis eleven senere blir spurt om han kan beskrive det vi puster inn, vil han kunne beskrive luft som en slags sammenhengende materie. I dette eksemplet ser det ut til at forestillinger om et og samme fenomen er sterkt avhengig av konteksten. Det kan se ut som prosessen for å endre elevers forestillinger er ganske komplisert. Ved å studere elevenes svar på oppgaver i ulike kontekster foreslår diSessa (1993) at de intuitive responsene til elevene kan beskrives som underliggende kunnskapselementer som er generelle og anvendbare i ulike kontekster. Han kaller disse kunnskapselementene for *phenomenological primitives* («p-prims»). DiSessa hevder at elevene ikke bruker disse kunnskapselementene på en systematisk måte, og at uttalelsene deres derfor ofte blir inkonsekvente.

Det er uansett stor enighet om at elever bør tilegne seg vitenskapelig korrekte begreper. I den forbindelse vil jeg introdusere «conceptual change», fordi denne prosessen dreier seg om at eleven erstatter en forklaringsmodell med en annen.

Endring i elevenes forståelse

I starten ble begrepet «conceptual change» brukt om strategier der målet var å erstatte elevens hverdagsforestillinger med et naturvitenskapelig tilfredsstillende syn på verden («conceptual exchange») (Hewson, 1982; Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982). Hewson (1982) lanserte tre betingelser som må være oppfylt for at det skal skje en «conceptual change». Den nye forklaringsmodellen må være forståelig, den skal være sannsynlig og fruktbar. For det første må eleven rent kognitivt **forstå** den nye forklaringsmodellen, for det andre må han **finne det sannsynlig** at den nye forklaringsmodellen er «riktig». For det tredje må den nye forklaringsmodellen være **fruktbar** i den forstand at eleven finner den nyttig fordi den avklarer uoverensstemmelser og leder til nye eksperimenter og tilnærminger som kan gi nye bidrag til forklaringsmodellen.

«Conceptual change» innebærer altså at man gir seg hen til en ny forklaringsmodell knyttet til et prinsipp eller fenomen, og gir avkall på den gamle forklaringsmodellen. Scott, Asoko &

Driver (1992) gjør rede for to hovedgrupper av strategier for å fremme «conceptual change». Den første gruppen av strategier fokuserer på en kognitiv konflikt, som innebærer å legge til rette for at eleven får en erfaring som gjør at han ser at virkeligheten ikke stemmer overens med den oppfatningen han hadde. I slike situasjoner fremmes situasjoner hvor elevenes eksisterende forestillinger blir gjort eksplisitte, for deretter å bli direkte utfordret slik at en kognitiv konflikt skapes. Slike strategier er spesielt nært knyttet til Piagets syn på læring hvor den som lærer tar aktivt del i å reorganisere sin kunnskap. Strategien inkluderer fire hovedelementer; å hente fram elevens hverdagsforestillinger gjennom måten de responderer på et fenomen, å gjøre elevene oppmerksomme på sin egen og andres forståelse, å skape en kognitiv konflikt ved at man i praksis demonstrerer fenomenet og å oppmuntre og veilede elevene i akkomodasjonen og dannelsen av en ny modell som er konsistent med etablert naturvitenskap.

Den andre gruppen av strategier tar sikte på å utvide elevens allerede eksisterende forestillinger. Disse utvides ved hjelp av metaforer eller analogier. Den type strategier som bygger på det elevene allerede kan og som utvider dette til nye områder, legger mindre vekt på akkomodasjon hos elevene, og vektlegger isteden hvordan læreren skaper hensiktsmessige betingelser for å bygge et stillas for nye måter å tenke på. Et sentralt spørsmål er om «conceptual change» innebærer en radikal endring av elevens forståelse, eller om endringen skjer mer gradvis.

Elevers fragmenterte kunnskap

Forskere som har vært opptatt av «conceptual change» har debattert to konkurrerende teoretiske perspektiver som er knyttet til diskusjonen om konsistens i elevforestillinger. Den ene innfallsvinkelen er relatert til begrepet «alternative framework» og går dermed ut på at kunnskap kan beskrives som et sammenhengende helhetlig rammeverk i likhet med en teori («knowledge-as-theory») (Carey, 1999; Chi, 2005; Ioannides & Vosnadidou, 2002). Dette innebærer at elevenes kunnskap vil være konsistent i ulike kontekster. Carey (1999) foreslår for eksempel to typer omstrukturering av kunnskap, der den første kan sammenliknes med overgangen fra nybegynner til ekspert, mens den andre er analog med et paradigmeskifte i naturvitenskapen. I den første, kalt «svak» restrukturering, vil forholdet mellom

forestillinger forandres. I den andre, kalt «sterk» restrukturering, endres selve forestillingen. Hun hevder så at både sterke og svake restruktureringer finner sted og at disse tar tid.

Den andre retningen er påvirket av tanken om elevenes fragmenterte kunnskap og kalles «knowledge-as-elements» (diSessa, Elby, & Hammer, 2002; Southerland, Abrams, Cummins, & Anzelmod, 2001). I følge denne retningen kan elevers kunnskap altså sees på som et samspill av delvis uavhengige elementer som er løst forbundet til hverandre. diSessa (1993) introduserer som nevnt begrepet p-prims. Det går an å karakterisere p-prims som elementer av elevers forståelse som har «noe riktig» i seg. De ulike p-prims kan altså aktiveres under ulike omstendigheter, og viser at elevers tenkning kan være fragmentarisk og lite ordnet.

Southerland et al. (2001) intervjuet for eksempel fjerdeklassinger fra tre regioner i USA om biologiske fenomener, og fant at knowledge-as-elements-perspektivet gir en tilfredsstillende forklaring på at elever stadig skifter sine forklaringsmodeller i biologi. I følge Özdemir og Clark (2007) kan knowledge-as-elements perspektivene vise seg å være nyttige fordi de gir flere muligheter for tolking av overganger i elevers forståelse. diSessa (2006) hevder imidlertid at en svakhet ved de fleste studier knyttet til knowledge-as-elements er at de primært baserer seg på pre-/posttester, og at de i liten grad spesifikt og detaljert evaluerer de prosesser der «conceptual change» finner sted. En måte å oppfatte «conceptual change» på, omtales som «conceptual restructuring». Dette perspektivet er i stort grad basert på de omtalte knowledge-as-elements perspektivene, som ser på elevenes kunnskaper som en samling av mange kvasi-uavhengige elementer (Clark, 2006; diSessa, 1993; 2006; Linn, Eylon, & Davis, 2004). «Conceptual restructuring» forutsetter at elevers kunnskap består av kunnskapselementer på ulike nivåer. Disse elementene og ideene kan inkludere kunnskap, erfaringer, intuitive forestillinger som omtales som for eksempel p-prims (diSessa, 1993), som mentale modeller (Carey, 2000) og som forestillinger på ulike utviklingsstadier (diSessa, 1993; 2006; Linn, et al., 2004). Læring vil skje gjennom endring og omorganisering av disse elementene.

Mitt foreløpige ståsted når gjelder teorier om hvordan barn lærer naturfag, er at læring kan studeres hos den enkelte og at læring kan sees på som endring og omorganisering av kunnskapselementer («conceptual restructuring»). Forskning på hvordan barn lærer om for eksempel stoffer på makro- og mikronivå vil kunne gi oss mer kunnskap om prosessene i

denne omorganiseringen. Videre har få studier undersøkt kontekstavhengigheten i elevers forståelse av fenomener som beskrives ved hjelp av modeller på mikronivå, som for eksempel stoffer og kjemiske reaksjoner. En studie som undersøker elevers læreprosesser om stoffer og kjemiske reaksjoner over tid, slik denne avhandlingen gjør, vil kunne gi et viktig bidrag til forskningsfeltet. Imidlertid har forskere vært kritiske til et individuelt syn på læring, fordi de ser den som en ensidig beskrivelse av læring hos den enkelte. Man ignorerer da at kunnskap som oftest må bygges i samspill med en lærer og at undervisningen skjer i en bestemt kontekst. I det følgende vil jeg derfor drøfte læring som en sosial aktivitet.

2.2 Læring som en sosial aktivitet

Om Piaget var en frontfigur når det gjelder læring som en individuell aktivitet, så var Vygotsky en tilsvarende frontfigur når det gjelder læring i samspill med andre. En sentral tese i Vygotskys læringsteorier er betydningen av et vekselspill mellom mennesker i en sosial diskurs. Vygotsky (1986) hevder at utvikling og læring først skjer på det sosiale og deretter på det individuelle nivået, først mellom mennesker og deretter hos den enkelte. Det skjer først og fremst ved at språket bidrar til å forme våre måter å forstå verden på. Vygotsky hevder at det gryende språket er byggesteiner for tenkningen. For det er nettopp det at barn etter hvert begynner "å snakke med seg selv" som gjør at erfaringer internaliseres som tenkning. Vygotsky påstår at denne egosentriske talen etter hvert utvikles på det indre planet slik at barnet kan bruke språket overfor seg selv til å legge planer, styre og tenke for seg selv. Språket blir på denne måten en nødvendig forutsetning for den intellektuelle utviklingen.

«The zone of proximal development», ZPD, er også et sentralt område i Vygotskys (1986) læringsteori. Fordi utviklingen løper fra det sosiale til det individuelle, så mener Vygotsky at barnet må utføre en handling i samspill med andre før det er i stand til å utføre den alene. Barnet gjør først ting med hjelp, deretter alene. Forskjellen mellom hva vi mener barnet klarer med hjelp og støtte, og hva vi mener barnet kan gjøre alene kalles «the zone of proximal development», eller på norsk den nærmeste utviklingssonen. Den pedagogiske utfordringen ligger i å utnytte utviklingssonen ved å stimulere barnet til å arbeide aktivt sammen med andre, og å gi hjelp og støtte på barnets vaklende vei mot å klare oppgaven på egen hånd. Wertsch (1991) påpeker at læreren spiller en stor rolle og kan hjelpe barnet i

denne utviklingen. «ZPD» er relevant i denne avhandlingen på grunn av de mange dialogene mellom lærer eller forsker og elev. Lærer og forsker forsøkte i mange tilfeller å hjelpe elevene til å nå sin nærmeste utviklingszone.

Kunnskapsdannelse er situasjonsbundet og avhengig av omgivelsene som menneskene befinner seg i. Når man snakker om læring i samspill med andre, anvendes ofte begrepet diskurs. En diskurs er et sett med begreper, problemstillinger og formuleringer som er nedfelt i språket og som alle innenfor en viss kultur deler. Innholdet i våre ord og dermed tanker styres av hvilken diskurs vi befinner oss i. Misforståelser kan oppstå om vi i vår kommunikasjon med andre «ikke er i samme diskurs». Schoultz (2000) hevder at hver yrkesgruppe har sin spesielle språkbruk, og at man til og med i klasserommet har en felles språkbruk med pragmatiske regler, som deles av menneskene innenfor dette fellesskapet. Vi uttrykker oss for eksempel på én måte når vi snakker om et brennende lys i en hverdagslig sammenheng og på en annen måte når vi diskuterer det brennende lyset i en naturvitenskapelig sammenheng. Det blir ofte hevdet at å lære naturfag handler om å lære å snakke det naturvitenskapelige språket (Lemke, 1990; Wellington & Osborne, 2001). Naturvitenskapens språk organiseres i påstand, bevis og begrunnelser, så argumentasjon er viktig for den sosiale konstruksjonen av naturvitenskapelig kunnskap. Dette innebærer at elevene må lære seg å anvende et spesialisert språk med egne begreper både ved lesing, skriving, i resonnementer og problemløsning, samt i den praktiske virkeligheten. Elevene bør derfor få muligheter til å samtale om naturfaglige fenomener, slik at kognitive prosesser bringes fram i lyset. De må lære seg å diskutere og å lytte og svare på hverandres bidrag, det vil si å anvende det Mercer (1995) og Barnes (2008) kaller «exploratory talk». Barnes (ibid.) hevder at det tar tid å lære seg å jobbe effektivt som gruppe, og at det krever forberedelser, styring og overvåking av læreren. I følge Mercer og Littleton (2007) er det ikke slik at elever som sitter samlet rundt et bord nødvendigvis samarbeider eller snakker sammen, de arbeider gjerne med hver sine oppgaver. Læreren er viktig i denne sammenhengen.

Naturfaglæreren bør blant annet være faglig bevisst på hvordan han snakker faglig med elevene. Mortimer og Scott (2003) har utarbeidet et verktøy for å beskrive faglig snakk i naturfag som i hovedsak består av fire grunnleggende måter å snakke faglig på i undervisningen. De fire måtene å kommunisere naturfag på defineres ut i fra to dimensjoner. For det første fokuseres det på hvem som snakker, bare lærer (ikke-

interaktiv), eller lærer og en eller flere elever (interaktiv). For det andre tas det hensyn til om det åpnes for elevens ideer og forstillinger (dialogisk), eller om det er fokus på å komme fram til det naturvitenskapelige og «riktige» svaret (autoritativ). Mortimer og Scott (ibid.) påpeker at de ulike kommunikasjonsmåtene alle har en plass i undervisningen, men at ved å variere disse så vil en legge til rette for at elevene får en dypere og mer meningsfull forståelse av det naturvitenskapelige innholdet.

Elever som argumenterer muntlig i små grupper, vil forbedre evnen sin til indre argumentasjon av den type som kreves ved naturvitenskapelig resonnering. Flere studier viser at elever som deltar i sosial dialogisk argumentasjon øker sin individuelle evne til å resonnerer vitenskapelig (Felton, 2004; Pontecorvo, 1993). Dette er i tråd med Vygotskys teori om at barn kan klare langt mer ved hjelp av en annen, som er mer kompetent, enn de klarer alene. I det sosialkonstruktivistiske perspektivet bør elevene oppfordres til å arbeide aktivt sammen med andre, og det bør gis hjelp og støtte på elevens vei mot å klare oppgaven på egenhånd.

Leach og Scott (2003) argumenterer for et syn på læring som knytter sammen det individuelle perspektivet og det de kaller det sosiokulturelle perspektivet. I denne avhandlingen velger jeg å støtte meg til dette synet. Dette innebærer at læring både kan studeres hos den enkelte og som en aktivitet i samspill med andre, og at kunnskapstilegnelse er koblet til den diskurs som den som lærer befinner seg i. I denne avhandlingen er data i stor grad basert på dialoger mellom lærer og elev eller mellom forsker og elev, og læringen skjer da i samspill med andre. Hensikten med dialogene var ofte at elevene skulle lære om stoffer og stoffers endringer. En slik forståelse er svært sentral for forståelse av mange temaer i naturfag.

2.3 Lære om stoffer og stoffers endringer

Grunnleggende ideer i naturfag

En av de store utfordringene med å bringe naturvitenskapen inn i klasserommet er at skolefaget naturfag består av flere fagdisipliner. Elever må ofte være i stand til å integrere ideer fra ulike emneområder for å kunne forklare naturvitenskapelige fenomener.

Grunnleggende ideer er ofte av stor betydning i slike forklaringer. De grunnleggende ideene

er viktige i fagdisiplinene og for kobling mellom fagdisiplinene, og de betegner veletablerte begreper, modeller og teorier som er sentrale for å oppnå en fundamental naturvitenskapelig forståelse. Duschl og Grandy (2007) hevder at det som kjennetegner disse ideene er at de forklarer et vidt spekter av fenomener og fungerer som byggesteiner i utviklingen av naturvitenskapelig forståelse, ofte på tvers av disipliner. Andersen (1997) studerte elevers forståelse av stoffer, og hvordan ideer kan forstås på gradvis mer avanserte måter etter hvert som elever øker sine kognitive evner og erfaringer med ulike fenomener og representasjoner knyttet til disse ideene. Dette er i tråd med den amerikanske psykologen Bruner som var opptatt av hvordan all undervisning skal ta utgangspunkt i de enkle og grunnleggende ideene eller strukturene i et fag. Han hevdet at en som lærer bruker slike grunnleggende byggesteiner i stadig mer komplekse forhold slik at forståelsen for faget blir utdypet og mer avansert. De grunnleggende ideene må repeteres og drøftes i stadig nye relasjoner. Bruner framhever altså dybde foran oversikt (Solerød, 1994).

Teori om stoffer (på makro- og mikronivå) er et eksempel på en grunnleggende idé. Den er sentral for forståelse av en rekke fenomener på tvers av de naturvitenskapelige disiplinene, for eksempel er den fundamental for forståelsen av fenomener som trykk, temperatur og faseoverganger og sentral for forståelsen av kjemiske reaksjoner. Videre er god innsikt i teorien om stoffer nødvendig for å forstå nedbrytning, kretsløp i naturen og celleånding. Det er gjort flere studier på de enkelte trinnene i kunnskapstilegnelse om stoffer og stoffers endringer, og i det følgende gis det eksempler på studier som er relevante for hvordan barn lærer begreper og modeller knyttet til stoffer.

Hvordan lærer barn om stoffer og stoffers endringer

Noen studier har tatt direkte utgangspunkt i at det kan ta tid å utvikle forståelse for partikkelmodellen (den kinetiske partikkelmodellen for stoffer). Eskilsson og Helldéns (2003) gjennomførte for eksempel en to år lang longitudinell studie av svenske 10-12 åringer. Elevene fikk undervisning om stoffers egenskaper i flere omganger, og i flere intervjuer diskuterte elevene hverdagsfenomener med hverandre og med forsker. Nesten alle elevene utviklet og forbedret sin forståelse av stoffer i løpet av perioden. Ut fra denne forskningen anbefaler Eskilsson og Helldéns å introdusere grunnleggende modeller tidlig i naturfagundervisningen, samt å bruke elevenes egne forestillinger i samtaler om gasser og

om hverdagsfenomener som omhandler forandringer av stoffer. Johnson (2000, 2002) gjennomførte også en longitudinell studie på britiske elever i alderen 11-14 år. Han undersøkte hvordan elever bruker ideer om grunnstoffer, blandinger og bindinger mellom atomene når de skulle forklare kjemiske forandringer. Han fant i sin undersøkelse evidens for at partikkelmodellen er sentral for at elevene skal forstå hva som skjer ved kjemiske forandringer. Til sammenligning var elevene upåvirket av en makroskopisk tilnærming som bare identifiserte stoffer ved deres smelte- og kokepunkt.

Andre studier har spesifikt undersøkt elevers evne til å anvende partikkelmodellen for å beskrive makroskopiske egenskaper ved stoffer. Meheut og Chomat (1990) undersøkte franske elever på åttende trinn som hadde fått undervisning om atomer og molekyler, og fant at elevene kunne bruke atom- og molekylteorien (partikkelmodellen) til å forklare ulike makroskopiske egenskaper. Wiser og Amin (2001) intervjuet jevngamle amerikanske elever som også hadde fulgt undervisning om molekyler og atomer, og fant at de var i stand til å anvende atom- og molekylteorien (partikkelmodellen) på faseoverganger. Papageorgiou og Johnson (2005) sammenliknet to grupper greske elever (10/11 år) som begge fikk undervisning om faseoverganger, men kun den ene gruppen ble introdusert for partikkelmodellen. De fant at barn oppnår en bedre forståelse av faseforandringer og stoffoppløsning hvis ideer om partikler blir introdusert for dem. Teichert og hennes kolleger (Teichert, Tien, Anthony, & Rickey, 2008) undersøkte kontekstavhengigheten i amerikanske collegestudenters forståelse av fenomener på mikronivå. Studentene viste god evne til å forklare hvordan NaCl påvirker ledningsevnen til vann ved hjelp av en modell av separate Na^+ og Cl^- -ioner oppløst i vann. Imidlertid klarte de ikke å gjøre det samme bare få minutter senere når det gjaldt kokepunkt i en saltløsning. Det ser ut til at studentenes evne til å koble partikkelforståelse (separate Na^+ og Cl^- -ioner oppløst i vann) til makroskopiske fenomener (ledningsevne og kokepunkt) er avhengig av konteksten.

Selv om de ulike studiene som er omtalt over er utført i ulike land og på elever i ulike aldre, ser det ut til at funnene peker i samme retning. Det kan tyde på at det tar lang tid og stor intellektuell innsats å bygge opp en forståelse i kunnskap om atomteorien, og at rekkefølgen og måten dette fagstoffet presenteres på har betydning for læringsutbyttet. Samtidig kan det se ut til at elevenes forståelse er kontekstavhengig. Studiene har relevans for det å lære

om stoffer og stoffers endringer i et langsiktig perspektiv, og et spørsmål i denne sammenhengen er hvordan kunnskapstilegnelsen skjer trinnvis.

Min påstand er at norske læreplaner, lærebøker og lærerveiledninger i naturfag i liten grad preges av klare, forskningsbaserte anbefalinger om i hvilken rekkefølge naturfaglige ideer logisk bygger på hverandre, når elever er modne for å forstå ulike ideer og hvilke kritiske koblinger mellom ideer som er nødvendige for at elevene skal kunne forstå modeller eller teorier for gitte fenomener. Wisner og Smith (2009) hevder at for at læringen skal bli mest mulig effektiv og gi elevene den ønskede naturfaglige kompetansen, er det viktig hvilke kunnskapselementer som vektlegges, i hvilke sammenhenger de presenteres og hvordan det bygges opp en progresjon i læringen.

Læringsprogresjoner

En læringsprogresjon beskriver på hvilken måte og i hvilken rekkefølge både innholdsbestanddelene og prosessaspektene knyttet til en grunnleggende idé bør organiseres for at elevene skal få en dyp forståelse for denne ideen. Den kan defineres som en sekvens av stadig mer komplekse måter å forstå en idé på (Smith, Wisner, Andersen, Krajick, & Coppola, 2006). Læringsprogresjoner kan fungere som en guide for lærere i undervisnings- og vurderingsarbeid ved at de gir en oversikt over det som antas å være den mest hensiktsmessige måten å bygge forståelse på. Talanquer (2009) identifiserer elevforestillinger om stoffer, og skisserer på grunnlag av dette typiske utviklingstrekk når elevene beveger seg fra naiv til avansert forståelse. Han foreslår at dette kan være grunnlag for utarbeidelse av læringsprogresjoner. I følge Wisner, Smith og Doubler (2012) bør en læringsprogresjon ta utgangspunkt i rekkefølgen innholdsbestanddelene logisk bygger på hverandre, når elever er modne for å forstå ulike komponenter og hvilke kritiske koblinger mellom komponenter som er nødvendige for at elevene skal kunne forstå en grunnleggende idé. I tillegg bør den ha vist seg å gi signifikant positiv effekt på barns læring. På grunnlag av dette utarbeidet Wisner et al. (ibid.) en læringsprogresjon for stoffer og stoffers endringer. Denne læringsprogresjonen tar utgangspunkt i at det både på et naivt nivå og på et mer avansert nivå gir mening å stille spørsmål som hva gjenstander er laget av og hvordan vi kan forklare deres egenskaper, hva som forandres når noe omdannes og hvordan man har

kommet fram til denne kunnskapen. Utforskende arbeidsmåter preger læringssekvensene på alle trinn, og involverer både eksperimenter og diskusjoner.

En slik måte å definere læringsprogresjoner på, karakteriseres av Salinas (2009) som en eskalert tilnærming. Begrepet «eskalert» viser her til det å gjøre framgang eller nå et høyere nivå, men også til eskalering i form av økende intensitet. For det første beskrives bestemte nivåer av kunnskap og ferdigheter. Startnivået kalles nedre ankerpunkt, mens sluttnivået kalles øvre ankerpunkt. Mellom disse ankerpunktene kan det være ett eller flere nivåer. Overgang mellom nivåer baseres på evidens fra elevers læringsutbytte. Et vesentlig trekk ved den eskalerte tilnærmingen er at den foreslåtte (hypotetiske) læringsprogresjonen tar utgangspunkt i bestemte begreper, teorier og modeller i naturvitenskapen. I tillegg tar den utgangspunkt i forskning som har undersøkt hvordan elevers ideer utvikler seg. Læringsprogresjoner beskriver altså mulige fruktbare veier som elevene kan følge for å oppnå dyp forståelse av det som anses som grunnleggende ideer i naturfag.

Dyp og kompleks forståelse i naturvitenskap

Det finnes mange definisjoner av læringsprogresjoner, men de beskriver alle hvordan elevers forståelse blir mer avansert i forhold til visse aspekter i naturfag (Salinas, 2009). Spørsmålet er om «mer avansert» alltid betyr «mer korrekt i følge etablert vitenskap». Sikorski og Hammer (2010) påpeker at det ikke alltid har vært slik i naturvitenskapelig progresjon, og at ikke-korrekte ideer ofte har gitt opphav til vitenskapelige framskritt. Videre er det i forskning på hverdagsforestillinger og alternative forestillinger lagt vekt på at elevenes ikke-korrekte ideer kan være naturlige trinn ved bygging av forståelse (Strike & Posner, 1992). Wisner et al. (2009) presiserer imidlertid at de i videreutviklingen av Smith et al. sin læringsprogresjon (2006) har tatt dette i betraktning. De hevder at bevegelse langs progresjonen stadig gjør elevene bedre i stand til å få en dyp forståelse av teorien om stoffer. Hvert trinn i progresjonen beskriver ikke bare den riktige naturvitenskapelige forståelsen, og er heller ikke kun begrenset til begreper. Et trinn inneholder både begreper, prinsipper, modeller, matematisk forståelse og representasjonsverktøy som skal bidra til at eleven får en helhetlig tolkning av fenomenene (Wisner et al., 2009).

Sikorski, Winters og Hammer (2009) argumenterer for en læringsprogresjon der hovedhensikten er at elevene skal utvikle gode ferdigheter i naturvitenskapelige arbeidsmåter. De utarbeidet en læringsprogresjon for utforskende arbeidsmåter som har fokus på elevenes engasjement når de tolker data og resonnerer om fenomener. I analysen undersøkte de elevenes evne til å finne sammenhenger mellom fenomener. Deres tilnærming til læringsprogresjoner er at selv om ferdigheter i utforskende arbeidsmåter er viktig i seg selv, så vil elevene bruke slike ferdigheter bare når de resonnerer om naturvitenskapelige fenomener. En annen gruppe forskere jobbet med læringsprogresjoner knyttet til naturvitenskapelig modellering (Schwarz et al., 2008). De la ikke vekt på «learning of specific scientific models», men heller på «how the practice of modeling itself improves» (s. 9). En av hensiktene med læringsprogresjoner i naturfag ser altså ut til å være å bygge kompleks og dynamisk kompetanse. En progresjon karakteriserer ofte elevens kunnskaper og ferdigheter i nivåer (Smith et al., 2006), og disse nivåene og det å bygge kompleks og dynamisk kompetanse kan være en utfordrende kombinasjon.

En nivåbasert læringsprogresjon gir en organisert oversikt over kunnskap og ferdigheter i et emne, og viser en tydelig retning fra begynnerforståelse til ekspertforståelse. Progresjonen foreslår altså en vei for hvordan elevenes forståelse og ferdigheter utvikler seg – fra et kvalitativt bestemt nivå til et annet. Det er imidlertid grunn til å stille spørsmål ved en slik nivåbasert tilnærming. I sitt arbeid peker Alonzo & Steedle (2008) på et mulig problem med å validere progresjon i læring om kraft og bevegelse: Nivåer vil ikke nødvendigvis beskrive det fullstendige bildet av elevenes kunnskap. Det ligger likevel implisitt i læreplaner og formålet med naturfag i skolen at elevenes forståelse i naturfag bør bli mer sofistikert i løpet av skolegangen. For eksempel er det enighet om at skolens læreplaner bør beskrive elevens kompetanse i faget på måter som kan likne på nivåer. Målformuleringene i den norske læreplanen i naturfag består nettopp av såkalte kompetansemål der verbene er sentrale for å beskrive kompetansen som det forventes at elevene skal ha ved endt opplæring.

I følge Özdemir og Clark (2007) bør læreplanen fokusere mer på foredlingsprosesser, inkludert å legge til, modifisere, eliminere og organisere kunnskapselementene i elevens kunnskapsstrukturer over tid. Som tidligere nevnt, støtter jeg et syn på læring som innebærer at individets kunnskapselementer endres og omorganiseres over tid («conceptual

restructuring»). Min oppfatning er derfor at bevegelse langs en læringsprogresjon vil kunne øke mulighetene for å anvende, utvide og raffinere elevers forståelse i mange ulike kontekster. Dette vil kunne øke sannsynligheten for at elevene utvikler sofistikerte evner i naturvitenskap, altså at *dybden* (taksonomisk nivå) i elevens kompetanse økes. Men elevene bør ikke bare oppnå en dyp forståelse for noen naturvitenskapelige emner, de bør også få tilgang på den naturvitenskapelige praksisen. I det følgende avsnittet vil *bredden* i naturvitenskapelig kompetanse omtales, og det innebærer en beskrivelse og drøfting av utforskende arbeidsmåter i naturfag.

2.7 Utforskende arbeidsmåter i naturfag

Naturvitenskapens arbeidsmåter i skolens naturfag – et historisk perspektiv

Det har allerede vært nevnt at naturvitenskapen både er et produkt og en prosess, og at begge perspektivene bør ivaretas i skolens naturfag. Men det er ikke åpenbart hvordan de to perspektivene skal vektlegges. Skal utvidelse av elevenes kunnskap om fenomener i naturen vektlegges, eller er det viktigere å få forståelse for metodene forskere bruker? Sjøberg (2009) omtaler to typer argumenter som brukes når naturfag skal rettferdiggjøres som et viktig fag i skolen, som forenklet kan omtales som *produkt-argumentet* og *prosess-argumentet*. *Produkt-argumentet* går ut på at naturfaglige kunnskaper, begreper og teorier er viktige for den enkelte og arbeidslivet, derfor er naturfag et viktig fag. *Prosess-argumentet* går derimot ut på at det er naturvitenskapens prosesser, arbeidsmåter og metoder som rettferdiggjør at naturfaget har en plass i skolen. I følge Sjøberg (ibid.) så har naturfagundervisningen historisk sett svingt mellom disse to ytterpunktene, i hvert fall i fagplaner og i den utdanningspolitiske diskusjonen rundt skolens innhold. For eksempel ble det allerede på 60- og 70- tallet hevdet at naturfagundervisningen var faglig foreldet både når det gjaldt innhold og undervisningsmetoder, og at undervisningen hadde for stor vekt på naturvitenskapens produkt.

Et eksempel på et naturfagprosjekt som definerte naturfagundervisningen som mer prosessorientert, var det amerikanske prosjektet Science – A Process Approach (SAPA, 1967). Et liknende prosjekt var det britiske Science 5/13 (1974). Disse prosjektene la vekt på at elevenes læring og vitenskapens egenart var to sider av samme sak, og at elevene skulle

oppnå vitenskapelig erkjennelse gjennom å observere, klassifisere, beskrive, kommunisere, trekke konklusjoner, operasjonalisere variabler, kontrollere variabler, framstille data, tolke data og eksperimentere. Den amerikanske psykologen Gagné (1965) hadde sterk innflytelse på prosjektene. Han hevdet at slike prosesser blir brukt i all vitenskap, at de kan læres av elevene og at de har stor overføringsverdi til andre områder utenfor naturvitenskapen. En kan si at naturfagets innhold ikke er det viktigste mål i seg selv, men et middel til å fremme logisk evne og ryddige tankeprosesser. For eksempel er ikke observasjon og klassifisering nødvendigvis noe som bare særkjenner naturvitenskapelig virksomhet. En kan imidlertid stille spørsmål ved i hvilken grad elevene er i stand til å observere og dermed «oppdage» naturlover. Sjøberg (2009) påpeker at det ligger et positivistisk syn på vitenskapen bak dette, nemlig det at våre observasjoner er teoriuavhengige, og at de nærmest leder oss til de riktige generaliseringene i form av vitenskapens teorier og begreper. Ut fra denne tankegangen forventer man at elevene selv trekker de riktige konklusjonene etter å ha gjennomført eksperimenter. Rosalind Driver (1983) tok i sin bok *The Pupil As a Scientist* et oppgjør med en type undervisning som i stor grad vektlegger åpne forsøk og aktive elever. Hun påpekte at det som kjennetegner elevene i de mest åpne eksperimentelle arbeidene er at «de gjør og gjør – men forstår ingenting».

I internasjonal forskning på området begynte det å bli en utbredt oppfatning at prosessorienteringen i naturfagundervisningen ikke hadde klart å innfri de mange forventningene. Mot slutten av 70- og på 80- tallet var det flere naturfaglærere og naturfagdidaktiske forskere som stilte spørsmål ved både rollen og effektiviteten til det eksperimentelle arbeidet i naturfagstimene. Hofstein og Lunetta (1982) gikk gjennom forskning på elever som deltok i eksperimentelt arbeid, og slo fast at den ikke kunne påvise en positiv sammenheng mellom elevens deltagelse i eksperimentelt arbeid og deres læringsutbytte i naturfag. Millar (1989) hevdet at årsaken blant annet kunne være at det ikke hadde vært enighet om hva hensikten med laboratoriearbeid skulle være. For eksempel kan trening på observasjon og klassifisering ta mye tid og gå på bekostning av forståelse for naturvitenskapelige begreper og teorier. De kritiske innspillene så imidlertid ikke ut til å påvirke naturfagdidaktiske forskere til å forkaste ideen om laboratoriearbeid i naturfagundervisningen. Hofstein og Lunetta (1982) hevdet for eksempel at elever bør delta

i eksperimentelt arbeid fordi det gav dem muligheter til å engasjere seg i utforskende prosjekter. Et sentralt spørsmål var på hvilken måte denne deltagelsen skulle foregå.

Praksis og teori i eksperimentelt arbeid

Gunstone (1991) hevdet at bruk av eksperimentelt arbeid er fornuftig for å få elevene til å omstrukturere kunnskapen sin, men samtidig utfordrende fordi det å utvikle vitenskapelige ideer gjennom eksperimenter ofte er en kompleks prosess. Gunstone og Champagne (1990) foreslo at meningsfull læring i laboratoriet vil kunne skje hvis elevene fikk nok tid og muligheter for interaksjon og refleksjon. Ofte er elevene involvert i tekniske aktiviteter der de har få muligheter til å tolke resultatene fra undersøkelsen. To case-studier illustrerte hvor lite effektivt praktisk arbeid alene er, og understreker nødvendigheten av at elevene får diskutere resultater fra eksperimenter (McRobbie, Roth, & Lucas, 1997; Scott & Leach, 1998). Hodson (1993) la vekt på at hensikten med laboratorieaktiviteter ikke skulle være begrenset til å lære spesifikke vitenskapelige metoder eller bestemte laboratorieteknikker, men at eleven skulle bruke metodene og prosedyrene i naturvitenskapen til å undersøke fenomener, løse problemer og forfølge spørsmål og egne interesser. Millar (2010) bruker begrepet «practical work» om enhver naturfagundervisning og læringsaktivitet hvor elevene, individuelt eller i grupper, observerer eller manipulerer objekter eller materiell de undersøker. Lunetta, Hofstein og Clough (2007) presenterer en utvidet definisjon som også inkluderer aktiviteter som baserer seg på sekundære data. Dette åpner døra for mange ulike aktiviteter, som for eksempel å analysere og tolke data fra tabeller og grafer.

Resultater fra TIMSS viser at eksperimentell undervisning er mindre vanlig i Norge enn i andre land (Grønmo, Bergem, Kjærnsli, Lie & Turmo, 2004; Grønmo & Onstad, 2008). Videre har det vist seg at elever på mellomtrinnet synes å ha liten øvelse i å resonnere med basis i naturvitenskaplige tenke- og arbeidsmåter (Almendingen, Tveita, & Klepaker, 2003). I en studie av undervisning i naturfag undersøkte man situasjonen i norsk skole (Schmidt et al., 1996), og det viste seg at det ble forventet at elevene forsto fakta gjennom å gjøre praktiske aktiviteter. Innholdet i timene dreide seg ofte om definisjoner eller beskrivelser av enkle begreper. Det var lite diskusjon om fagstoff, og lærernes spørsmål omhandlet oftere prosedyrer enn det substansielle innholdet. Nyere resultater viser at elevene gjennomfører noe praktisk arbeid, men at dette ikke brukes systematisk som samtalearena. Det er i tillegg

mangel på fagsentrerte samtaler elever i mellom der de bruker egne erfaringer og språket for å oppnå faglig forståelse, samt dialoger der lærer hjelper til å skape bro mellom praksis og teori (Ødegaard & Arnesen, 2010). Det ser altså ut til at interaksjon og refleksjon knyttet til eksperimentell aktivitet er en mangelvare i norsk skole, og et spørsmål er om slike forhold kan påvirke elevers interesse for å lære naturfag.

Elevers deltagelse i utforskende arbeidsmåter

I de siste tjue årene har det vært en økende internasjonal bekymring for ungdommers manglende interesse for realfagene. I 2006 ble det satt ned en gruppe eksperter, ledet av den tidligere franske statsministeren Michel Rocard, som skulle undersøke tiltak for å øke elevers interesse for naturfagene. I 2007 ble EU-rapporten «Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe" (Rocard, 2007) publisert, og den oppsummerte funnene slik:

“The science education community mostly agrees that pedagogical practices based on inquiry-based methods are more effective, the reality of classroom practice is that in the majority of European countries, these methods are simply not being implemented.”

Rapporten viser med all tydelighet at undervisning basert på «inquiry-based methods» har fått mye oppmerksomhet og et oppsving de siste årene. Begrepet «scientific inquiry» er mye brukt om undervisning i naturfag der elever i ulik grad arbeider utforskende, og begrepet «inquiry» refererer til autentiske måter elevene kan undersøke naturlige fenomener. Dette er imidlertid ikke noe nytt i naturfagundervisningen. Tidlig på 80-tallet argumenterte for eksempel Hofstein og Lunetta (1982) for elevers deltagelse i utforskende arbeidsmåter. Over tjue år senere har de den samme holdningen, og hevder at elevene bør foreslå ideer og hypoteser, samt forklare og begrunne påstandene basert på evidens, og i løpet av prosessen få en følelse av vitenskapens ånd (Hofstein & Lunetta, 2004). Duschl og Grandy (2007) hevder videre at kunnskapsbygging må skje ved involvering av elevene i alle sider ved den naturvitenskapelige praksisen, som å samle data gjennom observasjon og eksperimenter, representere data, resonnere og argumentere – både med seg selv og andre – om hva dataene betyr, og anvende kunnskap i nye situasjoner.

I norsk kontekst brukes ofte begrepet *utforskende arbeidsmåter* om «scientific inquiry». Utforskende arbeidsmåter i naturfag innebærer altså at elevene er aktive deltagere i

læringsprosessen – som for eksempel i gruppesamtaler og ved bruk av forsøksmateriell, modeller og åpne aktiviteter. Hovedmålet er å la elevene bli kjent med undersøkelsesprosedyrer som brukes av forskere og å utvikle elevenes ferdigheter i å ta begrunnede avgjørelser. Tanner og Allen (2005) hevder at undervisning basert på utforskende arbeidsmåter kan være en strategi for å oppnå «conceptual change». Når elever er undersøkende, vil de få utfordret oppfatningene sine på lignende måte samme måte som naturvitenskapelige forskere. Også forskere opplever både kognitive konflikter, samt utvidelse og utbygging av tidligere forestillinger.

I Norge har det i den senere tid blitt satt i gang flere forskningsprosjekter for å undersøke ulike effekter av en utforskende tilnærming til naturfagene. For eksempel undersøkte Knain (2013) gjennom prosjektet *ElevForsk* ulike typer utforskende undervisning på ungdomstrinnet og i videregående skole, mens prosjektet *Leserøtter og Forskerføtter* (Ødegaard, 2013) har fokus på lesing og utforskende arbeidsmåter på barneskolen. I det følgende vises det til noen relevante internasjonale studier som har undersøkt elevers naturvitenskapelige kompetanse når de deltar i utforskende arbeidsmåter.

Ferdigheter i produkt og prosess kan støtte hverandre

Noen studier viser at elevers tidligere kunnskaper har betydning for deres evne til å planlegge eksperimenter. Det viser seg for eksempel at elevers forståelse av begreper, modeller og teorier har stor betydning når elevene skal generere hypoteser. Echevarria (2003) undersøkte amerikanske 12-13 åringer som deltok i utforskende undervisning om genetikk, og fant at elevenes forståelse av arvelære hadde betydning når elevene skulle lage hypoteser. Videre observerte Schauble (1990) amerikanske 10-12 åringer sin måte å resonnerer på mens de utforsket ulike bilers hastighet. Hun fant blant annet at elevenes uferdige fysikkforståelse påvirket deres evne til å lage hypoteser. Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, & Andersen (1995) gjorde et liknende funn da de lot ungdommer i ulike aldre løse ulike vitenskapelige problemstillinger. Studien viste at ferdigheter i å planlegge eksperimenter var avhengig av ungdommenes forståelse av begreper, modeller og teorier i naturvitenskap.

En av naturvitenskapens kjennetegn er at påstander og forklaringer er støttet av observerbare data. Enkelte studier har undersøkt elevenes kompetanse i å produsere og

diskutere vitenskapelige data, og noen av disse viser at elevene har begrenset evne når det gjelder dette. For eksempel viser studier at barn og ungdom bruker både gyldige og ikke-gyldige fremgangsmåter om hverandre i gjennomføring av eksperimenter (Gleason & Schauble, 2000; Schauble, 1990). Et annet sentralt element i naturvitenskapelig praksis er å vurdere funn opp mot relevant teori. Kuhn (1989) hevder at vitenskapelig tenkning kjennetegnes av det å kunne differensiere mellom teori og data, samt å koordinere disse to elementene. Amsel og Brock (1996) undersøkte både barn, ungdom og voksne som tolket data fra ulike eksperimenter knyttet til vekst av planter. De fant at spesielt barns naturvitenskapelige forestillinger påvirket måten de tolket data på. Flere studier peker i samme retning. Lehrer et al. (2001) samarbeidet med flere lærere i barneskolen om et utforskende undervisningsopplegg der elevene skulle konstruere, vurdere og endre naturvitenskapelige modeller. De konkluderte med at når elever deltar i utforskende arbeidsmetoder, er resonneringsprosesser og forståelse for modeller, teorier og begreper gjensidig avhengig av hverandre og påvirker hverandre positivt. Schauble (1996) gjorde et liknende funn da hun undersøkte både voksne og 12-13 åringer når de utforsket årsak og virkning i to ulike fysikkemner. Hun fant at gode resultater ikke kunne forklares kun ved hjelp av velutviklede utforskende strategier eller korrekt naturvitenskapelig forståelse. Hennes tolkning var at ferdigheter i naturvitenskapelige arbeidsmåter og naturvitenskapelig forståelse er gjensidig avhengig av hverandre.

Støttestrukturer i utforskende arbeidsmåter

Både utenlandske og norske studier (Geier et al., 2008; Hmelo-Silver, Duncan, & Chinn, 2007; Knain, Bjønnes, & Kolstø, 2011) peker på at styring av retning og innhold i elevenes arbeidsmåter må gjøres på en annen måte ved utforskende arbeidsmåter enn i tradisjonell undervisning. I tradisjonell undervisning er det vanlig at læreren prøver å lede elevenes kunnskapsutvikling i en bestemt retning gjennom flere lærerstyrte aktiviteter. Læreren introduserer nye begreper og metoder, gir elevene oppgaver innen temaet og leder en samtale for å bidra til læring hos elevene. Innhold og framdrift styres gjerne ved å gi elevene mange små oppgaver. I utforskende arbeidsmåter vil det gjerne være mindre av slik detaljstyring fra læreren. Knain, Bjønnes og Kolstø (2011) foreslår at det i stedet legges opp til tydelige rammer og støttestrukturer for elevene når de deltar i mer åpne utforskende arbeidsmåter. Klare rammer innebærer presisering av områder det skal arbeides innenfor,

og støttestrukturer kan defineres som redskaper som er tilgjengelig for å gi arbeidet god kvalitet. Wood, Bruner, & Ross (1976) foreslo begrepet støttestrukturer som en betegnelse for alle typer støtte og tilrettelegging som har som mål å gjøre eleven i stand til å mestre faglige utfordringer som han ikke ville greid uten støttestrukturen. Knain, Bjønnes og Kolstø (2011) foreslår for eksempel tidsrammer, mal for planlegging og veiledning med informativ hinting som støttestrukturer og rammer som kan bidra til å utvikle elevenes metodekompetanse ved utforskende arbeidsmåter. Lærers evne til å styre dialogene vil også kunne ha stor betydning (se side 21, Mortimer og Scott, 2003). Flere studier har vist at måten læreren leder diskusjoner på under utforskende arbeid har stor betydning for elevenes læring (for eksempel Asay & Orgill, 2010; Haug, 2013; Minner, Levy, & Century, 2010). Haug (ibid.) understreker viktigheten av å utnytte lærings situasjonene (det vil si å gjøre «teachable moments» til «learnable moments»). Det kan altså se ut som dialogene er viktige for læring når elevene deltar i utforskende arbeidsmåter, og dette er i samsvar med mitt syn på læring som en sosial aktivitet. I avhandlingen blir det tatt hensyn til disse perspektivene ved å integrere utforskende arbeidsmåter og dialoger i undervisningen.

Videre ser det ut til at elevenes kompetanse i både naturvitenskapelig produkt og prosesser kan utvikles gjennom bruk av utforskende arbeidsmåter. Kompetanse i naturvitenskapelige prosesser inkluderer også bevissthet om naturvitenskapens egenart. Men hva karakteriserer egentlig naturvitenskapens egenart?

2.8 Forståelse for naturvitenskapens egenart (Nature of Science, NOS)

Naturvitenskapens egenart

Elever kan gjennom skolens undervisning lære om grunnlaget for naturvitenskapens kunnskaper, av dens arbeidsmetoder og av hvor stabil og varig kunnskapen er. Slike kunnskaper om naturvitenskapen har etter hvert fått stor plass i læreplaner i naturfagene i hele verden. På engelsk brukes som oftest begrepet «Nature Of Science» (NOS) (for eksempel Abd-El-Khalick et al., 2004) om naturvitenskapens egenart. Naturvitenskapens egenart refererer til egenarten ved naturvitenskapelig kunnskap og naturvitenskapelige arbeidsmåter, og til hvordan hypoteser, teorier og modeller (kunnskapsbasen) stadig utvides, forbedres og revideres. Nåtidens naturvitenskap er påvirket av ulike oppfatninger

om hva som er forholdet mellom denne kunnskapsbasen og virkeligheten. I den følgende vil jeg gjøre rede for sentrale vitenskapsteoretiske oppfatninger som har påvirket naturvitenskapen slik den fremstår i dag. En slik drøfting har relevans fordi jeg i denne avhandlingen undersøker elevers læring av naturvitenskapens prosesser, inkludert deres oppfatninger om naturvitenskapens egenart.

Logisk positivisme og Poppers falsifikasjonsteori

Logisk positivisme var en reaksjon på oppfatningen om at filosofien kan nå erkjennelse om verden a priori, det vil si bare gjennom tenkning. Begrepet positivisme ble først brukt av August Comte (1798-1857). Han ønsket seg en vitenskap som var basert på det som kunne observeres, erfares eller sanses og som ikke var metafysisk spekulasjon eller religion (Sjøberg, 2009). Positivismen fikk sterk støtte i den såkalte Wienerkretsen tidlig på 1920-tallet. En gruppe filosofer innen naturvitenskapen (for eksempel Mach, Carnap, Hempel, Reichebach) mente at naturvitenskapen i likhet med matematikken skulle ha sitt utgangspunkt i en ny, symbolsk logikk. I følge logisk positivisme, er det bare to kilder til kunnskap: logisk resonnement og empirisk erfaring. Logisk positivistene prøvde å formulere en metode som var i harmoni med det de oppfattet som den vitenskapelige metode i naturvitenskapen, og hevdet at alle forestillinger kunne tilbakeføres til erfaringen. I følge positivistene så er en påstand kun meningsfull hvis den uttrykkes ved hjelp av et utsagn som lar seg bekrefte gjennom direkte erfaring. Carnap (1956) formulerte dette som *verifikasjonskriteriet*. Han hevdet at det bare er de setningene som er meningsfulle eller forståelige som lar seg verifisere overfor virkeligheten. Hvis en påstand ikke oppfyller verifikasjonskriteriet, er den verken sann eller usann, men meningsløs. Ofte er logisk positivisme omtalt med ord som empirisme og induktivisme. Forskeren skal kunne slutte seg til naturens lover ved å foreta nøyaktige målinger og observasjoner.

Positivistenes syn på vitenskap fikk etter hvert mange kritikere. En av kritikerne var Karl Popper, født i Wien i 1902. Popper deltok i Wienerkretsens diskusjoner, og ble godt kjent med den logiske positivismens idégrunnlag. I sin filosofi kom han til å ta et oppgjør med mange av denne tradisjonens synspunkter. Et særpreg for hans kritikk mot positivismen er at han legger vekt på falsifikasjon i motsetning til verifikasjon, på det å avsløre usannhet i motsetning til det å oppdage sannheter. Hovedelementet i hans vitenskapsfilosofi er den

stadige framsettelse av falsifiserbare (gjendrivbare) hypoteser. Det er i prinsippet mulig å falsifisere en naturlov, det vil si å konstatere at en naturlov faktisk er falsk, hvis den er det og fordi den er det. Siden positive bekreftelser avvises, bør en i stedet sikte etter å få gjendrevet eller falsifisert så mange hypoteser som mulig. Fornuftig vitenskapelig praksis tar hensyn til dette, og søker å øke graden av hypotesens falsifiserbarhet; dess flere falsifikasjonsforsøk en hypotese har overlevd, dess sterkere står den. I hypotesedannelsen bør en derfor sikte etter å danne så dristige hypoteser (gjøre så dristige gjetninger) som mulig. Popper hevder at vitenskapen bør skride fram gjennom en uendelig syklus av problemer, løsningsforslag (gjetninger) og en nitid testing av utledede konsekvenser av disse løsningsforslagene og avvisning av dem som viser seg å slå feil. Poppers viktigste ideer ble senere videreutviklet i en rekke artikler, hvorav mange av de viktigste er samlet i boka *Objective knowledge: An evolutionary approach* (Popper, 1972).

Thomas Kuhn og paradigmer

Popper tar imidlertid i liten grad hensyn til psykologiske og sosiologiske vurderinger. De mer menneskelige sidene ved vitenskapen er bedre beskrevet i teoriene til vitenskapshistorikeren Thomas Kuhn. I sitt hovedverk *Structure of Scientific Revolutions* (1962) retter Kuhn sterk kritikk både mot Popper og de logiske positivistenes vitenskapsfilosofi. Han støtter hovedpunktene i Poppers avvisning av de logiske positivistenes teser – for eksempel av deres antagelse av at teorier bygges på teoriuavhengige observasjonsdata, og av deres karakteristikk av vitenskapelig utvikling og framskritt som en sammenhengende prosess. Videre deler han Poppers syn på at drivkraften i teoriutviklingen ikke er innsamling av observasjonsdata, men de (hittil uløste) vitenskapelige problemer (anomalier).

Kuhn mener imidlertid at Popper i for stor grad er opptatt av den logiske statusen til vitenskapelig erkjennelse. I følge Kuhn kan vitenskapen i stor grad forklares ved hjelp av begrepet paradigme, og med det mener han de felles, ofte uskrevede, spilleregler som samler et forskerkollektiv omkring en bestemt, problemløsende praksis. Kuhn legger vekt på vitenskapen som en sosial aktivitet, der både personlige, sosiale og historiske faktorer spiller inn. Deltakerne i denne aktiviteten er vanlige mennesker, og deres tanker og handlinger må forstås ut fra dette. Stort sett er disse menneskene fanget av det dominerende paradigmet.

Det betyr at de forsker innenfor en gitt tradisjon, der både begreper, lover, teorier og metoder i stor grad er gitt. Thomas Kuhn sine tidlige publikasjoner inneholdt imidlertid ikke detaljerte analyser av forskersamfunnets plass i naturvitenskapens kognitive funksjon. En nyere vitenskapsfilosofisk bevegelse har prøvd å fylle igjen noen av tomrommene i Kuhns kritikk av logisk positivisme. Blant viktige bidragsytere i denne bevegelsen er Giere (1991), Longino (1990, 2002) og Suppe (1989). Disse vitenskapsfilosofene vektlegger modeller og konstruksjon av data i vitenskapelige prosesser og nedtoner teoriens rolle. De anser forskersamfunnet og de sosiale prosessene som skjer der som helt nødvendige i de vitenskapelige prosessene.

Modell-drevet virksomhet

Ronald Giere (1991) beskriver for eksempel elementer som er felles for vitenskapelig praksis og som han mener definerer vitenskapen som institusjon. Han bruker oppdagelsen av DNA og dobbel-heliks strukturen som utgangspunkt i en beskrivelse av hva som gjør at vitenskapelige teorier fungerer og hvilke ulike typer modeller som forskere kan bruke til å bedre forstå verden. For Giere er nøkkelelementet i enhver modell i hvilken grad den nøyaktig gjenspeiler strukturen den har til hensikt å kartlegge. Han påpeker at modellene er "ufullstendige i den forstand at de representerer bare valgte funksjoner" mens de ignorerer andre. Giere hevder imidlertid at en god teori viser stor strukturell likhet mellom en teoretisk modell og et aspekt ved den observerte virkeligheten. For at en modell skal betraktes som korrekt (dobbelt- helix modellen av DNA), må det til en viss grad være forutsigbart hvordan molekylet vil reagere (hvor mye vann vil kunne binde seg til en dobbelt-heliks). Modellene kan derfor være svært sentrale i ny kunnskapstilegnelse. Denne måten å representere vitenskapelige prosesser på, legger vekt på at modeller hører hjemme *mellom* data og teori. Modellene kan bli påvirket både av datarevisjoner og endringer i hvilken teori det satses på.

Naturvitenskapens egenart i dag

Duschl og Grandy (2007) mener det er tre hovedoppfatninger om naturvitenskap som kan oppsummere utviklingen av naturvitenskapens egenart det siste århundret; naturvitenskap som en eksperimentdrevet virksomhet (logisk positivisme, Poppers falsifikasjon), som en teordrevet virksomhet (Kuhns paradigmer) og som en modell-drevet virksomhet (for

eksempel Giere og Longino). Denne utviklingen har forandret vår oppfatning om hva som kjennetegner naturvitenskapens egenart og inntrykket folk flest har om naturvitenskapelige forskere. Bildet av det «å drive med naturvitenskap» har i den senere tid forandret seg fra den enslige forskeren som gjennomfører eksperimenter på isolerte laboratorier til ulike sosiale fellesskap som løser problemer, samt konstruerer og tester modeller og teorier. Noen forskere vektlegger fremdeles velkontrollerte eksperimenter, mens andre vektlegger det å konstruere og kritisere modeller av naturvitenskapelige fenomener (Duschl et al., 2007). Selv om det innen vitenskapsfilosofien fremdeles er uenighet om hva som utgjør de viktigste elementene i naturvitenskapens egenart, så kan vi si at den utgjør en kompleks interaksjon mellom teori, modeller og data. Elevers forståelse for disse perspektivene er av interesse i denne avhandlingen, fordi deres læring av naturvitenskapens prosesser ble undersøkt.

Personlig epistemologi

Et viktig perspektiv innen vitenskapsfilosofien er epistemologi eller erkjennelsesteori. Begrepet epistemologi defineres ulikt i ulike typer litteratur, men oppsto innen en gren i filosofi som var opptatt av hva som karakteriserer kunnskap og tilegnelse av kunnskap. Ofte omtales personlig epistemologi som menneskers oppfatninger om hva som karakteriserer kunnskap og tilegnelse av kunnskap (for eksempel Sandoval, 2005). Det meste av psykologisk forskning på epistemologi kan spores tilbake til professor William Perry som jobbet på Harvard universitet. Perry gjennomførte en longitudinell studie over en 15 års periode (på 50- og 60 tallet) av universitetsstudenters epistemologi. Han konkluderte med at individer utviklet seg fra å se på kunnskap som sikker, rett eller gal til å erkjenne at kunnskap har en iboende usikkerhet (Perry, 1970). Perrys arbeid initierte en rekke studier som anvendte Piagets stadieteorier på epistemologisk forståelse (oppsummert i Hofer og Pintrich, 2002).

Kuhn og Leadbeater (1988) fant for eksempel at elever i alderen 9-13 år slet med å forstå at kunnskap tar utgangspunkt i en teoretisk måte å se verden på. Perner (1991) hevdet på grunnlag av intervjuer at barn i 6-års alder er klar over at individer har ulike forestillinger om objekter og hendelser. Barna forsto at forestillinger ikke er kopier av virkeligheten, men produkter av våre tanker, som kan verifiseres og avises med evidens. Det kan derfor virke bemerkelsesverdig at eldre barn ofte ser på kunnskap som absolutt. Chandler, Hallett &

Sokol (2002) foreslår at selv om barn er klar over at kunnskap uttrykkes i ulike former, så betyr ikke det at de mener at dette er et nødvendig eller legitimt aspekt ved kunnskap. Isteden er det mer sannsynlig at de tror at det er ett riktig svar og at de andre tolkningene ganske enkelt er feilaktige eller misforståtte. Studiene av personlig epistemologi tok utgangspunkt i at barn har generelle oppfatninger om hva kunnskap er og at slike kunnskaper kan utvikle seg med økende modenhet og alder. Elevenes oppfatninger om spesifikke fagområder (for eksempel naturvitenskapens egenart) ble ikke undersøkt.

Elevers naturvitenskapelige epistemologi

Naturvitenskapelig epistemologi kan med utgangspunkt i personlig epistemologi defineres som elevers oppfatninger om hva som karakteriserer naturvitenskapens egenart (naturvitenskapelig kunnskap og naturvitenskapelige arbeidsmåter). Naturvitenskapens egenart (NOS) utgjør som nevnt en kompleks interaksjon mellom teori, modeller og data. Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl (2003) hevder at det bør være enighet om hvilke ideer og tenkemåter i naturvitenskapen som skal inngå i læreplaner og undervisningsplaner i naturfag. Sandoval (2005) har på bakgrunn av denne og flere definisjoner (Driver, Leach, Millar, & Scott, 1996; Lederman, Abd-el-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002; McComas & Olson, 1998) foreslått å samle naturvitenskapens epistemologi i fire nokså vide punkter som representerer ulike perspektiver knyttet til naturvitenskapens egenart:

1. Naturvitenskapelig kunnskap må betraktes som konstruert
2. Naturvitenskapelige metoder kan arte seg svært forskjellige – avhengig av hva som skal undersøkes
3. Naturvitenskapelig kunnskap er av forskjellige typer (teorier, lover, hypoteser)
4. Kunnskapen vi har i naturvitenskapen kan være mer eller mindre sikker

Det kan være forskjellige måter å ivareta disse fire epistemologiske perspektivene på i naturfagundervisningen. Den norske læreplanen i naturfag på mellomtrinnet vektlegger for eksempel hypotesedanning, sammenligning av resultater og refleksjoner over dette (Utdanningsdirektoratet, 2006). Under hovedområdet i den norske læreplanen Forskerspiren (ikke revidert versjon) står det blant annet at eleven etter 7. trinn skal kunne *forklare hvorfor det er viktig å lage og teste hypoteser ved systematiske observasjoner og forsøk, og hvorfor det er viktig å sammenligne resultater*. Elevene skal altså i tillegg til å kunne formulere hypoteser, planlegge og gjennomføre undersøkelser, også kunne reflektere over det å gjennomføre naturvitenskapelige undersøkelser. I det følgende avsnittet blir det

belyst hvordan elevers refleksjoner over disse aspektene vil kunne berøre sentrale perspektiver ved naturvitenskapelig epistemologi (jfr. Sandoval, 2005).

Naturvitenskapelig kunnskap er konstruert og kan være av ulik type

For det første kan refleksjoner over hypotesedanning bidra til at eleven utvikler epistemologisk erkjennelse om at naturvitenskapelig kunnskap er konstruert (perspektiv 1) og bevissthet om at det er kvalitative forskjeller mellom lover, teorier, modeller og hypoteser (perspektiv 3). Det å foreslå hypoteser for deretter å undersøke dem vil kunne få elever til å forstå at naturvitenskapelig kunnskap konstrueres av de som utfører undersøkelsen. Videre må elever som lager og begrunner hypoteser, ta hensyn til teori som allerede er utviklet av andre, og de har derfor muligheten til å erkjenne at hypoteser er kvalitativt forskjellig fra etablerte teorier. Flere studier viser imidlertid at elever har evne til å reflektere over hensikten med naturvitenskapelige prosesser og over forholdet mellom forskeres ideer, eksperimenter og data er begrenset (Driver et al., 1996; Grosslight, Unger, Jay, & Smith, 1991; Wu & Wu, 2011). Carey og Smith (1993) intervjuet for eksempel amerikanske 12- og 16-åringer om hensikten med naturvitenskap, om forholdet mellom ideer, eksperimenter og resultater og om hva som karakteriserer modeller. De fant at mange elever ikke forstår at naturvitenskapen er en teoridrevet virksomhet. Slik naturfag ofte undervises, blir det ikke tydelig for eleven at både valg av hypoteser og forskningsdesign i forkant av undersøkelsen, og tolkingen av resultatene i etterkant, styres av de underliggende og eksisterende teoriene som finnes innenfor feltet.

Naturvitenskapelige metoder kan være av ulik type

Når det gjelder forskningsmetoder, kan refleksjoner over disse bidra til en erkjennelse av at forskningsmetoden må være relevant for det som skal undersøkes, og dermed at naturvitenskapelige arbeidsmåter varierer (perspektiv 2). Dette innebærer at eleven bør delta i et mangfold av ulike utforskende aktiviteter. Elevene kan likevel ha problemer med å forstå hensikten med de ulike eksperimentene. Schauble, Glaser, Duschl, Schulze & John (1995) ba for eksempel 21 amerikanske sjetteklassinger om å repetere eksperimenter de hadde gjort eller jobbet med, mens de ble intervjuet om hensikten og prosedyrene i eksperimentene. Det viste seg at de hadde problemer med å forstå eksperimentene som en modellbasert virksomhet. Rudolph (2005) hevder at elever får en mer robust forståelse og

bedre evne til å gjennomføre undersøkelser når de forstår hvordan naturvitenskapelig kunnskap har utviklet seg. Det å reflektere over vitenskapelige prosesser – ikke bare å delta i dem – ser ut til å øke elevenes evne til delta i naturvitenskapens prosesser. Selv om forskningen foreløpig ikke kan gi en systematisk oversikt over sammenhengen mellom refleksjon og deltagelse i utforskende arbeidsmåter, finnes det studier som indikerer en sammenheng mellom epistemologiske erkjennelser og elevers forståelse for og bruk av naturvitenskapelig kunnskap. Sandoval og Reiser (2004) undersøkte for eksempel amerikanske 9.klassingers naturvitenskapelige epistemologi i en utforskende kontekst. De fant at elever som var overbevist om at argumentasjon er sentralt i naturvitenskapen, oftere hadde gode ferdigheter i undersøkende strategier og planlegging av undersøkelser.

Naturvitenskapelig kunnskap er mer eller mindre sikker

Videre kan refleksjoner over hvorfor man sammenligner resultater fra undersøkelser bidra til at elever erkjenner at kunnskapen vi har i naturvitenskapen kan være mer eller mindre sikker (perspektiv 4). Det viser seg å være vanskelig for elever å forstå. Carey og Smith (1993) fant for eksempel at yngre elever (12 åringer) ofte tror at kunnskap er det samme som eksperimentelle resultater, mens eldre elever (16 åringer) ofte omtaler ideer som om de er rette eller gale. Studier av personlig epistemologi viser at spesielt yngre elever kan ha problemer med å forstå at kunnskap ikke er sikker. Som tidligere nevnt fant for eksempel Perry (1970) at studenter utviklet seg fra å se på kunnskap som sikker, rett eller gal til en erkjennelse av at kunnskap har en iboende usikkerhet. Elevers naturvitenskapelige epistemologi kan altså være mer eller mindre avansert. I det følgende vil jeg gjøre rede for en måte å differensiere mellom kvalitativt forskjellige epistemologiske nivåer.

«Måling» av elevenes ideer om naturvitenskapens egenart

Smith og kolleger karakteriserer elevenes oppfatninger om naturvitenskap i tre nivåer som kvalitativt skiller mellom forskjellige epistemologiske forestillinger (Carey & Smith, 1993; Smith, Maclin, Houghton, & Hennessey, 2000; Smith & Wenk, 2006). Hvert nivå inneholder et sett med begreper for å beskrive både forståelse av kunnskapsstrukturer og tilegnelse av kunnskap i naturvitenskap. Elever som er på det laveste nivået (nivå 1) klarer ikke å differensiere mellom data, hypoteser og teorier. De fokuserer på prosedyrer (for eksempel at hensikten med naturvitenskapen er å gjøre ting) og resultater (for eksempel at

eksperimenter gjøres for å få til et godt resultat), og har en sterk tro på at naturvitenskapelig kunnskap er sikker. På det neste nivået (nivå 2) tror elevene at naturvitenskapelig kunnskap består av en samling med testede ideer og at forskere gjør eksperimenter for å teste ideene for å se om de har rett og for å forkaste eller endre ideene hvis de finner ut at de tar feil. De har oppfatninger om både hypotesetesting og forklaringer, og skiller mellom vitenskapelige ideer, aktiviteter og resultater (hensikten med eksperimenter er å teste forskerens ideer; hensikten med en forklaring er å redegjøre for resultater fra eksperimenter), men de differensierer ikke mellom hypoteser og teorier. På det høyeste nivået (nivå 3) forstår elevene at kunnskapen vi har om verden er foranderlig og usikker og at naturvitenskapelig kunnskap består av godt utprøvde teorier om naturen. De vet at det finnes ulike naturvitenskapelige metoder, og de betrakter en teori som en felles forståelsesramme for flere små hypoteser som brukes for å forklare empiri. Elever ser på teorier som retningsgivende for alt utforskende arbeid: lage hypoteser, velge metoder og tolke data. De differensierer mellom forskeres teorier og hypoteser.

Bevissthet om egen kunnskapsutvikling og praktisk epistemologi

Carey og Smith (ibid) foreslår at elever utvikler seg progressivt gjennom nivåene nevnt i det foregående avsnittet, men det finnes ikke forskning som entydig har bekreftet dette. En annen kritikk som er rettet mot metoden til Smith og kolleger er at spørsmålene om naturvitenskap som stilles i intervjuene er ganske abstrakte (Sandoval & Reiser, 2004; Smith et al., 2000). En måte å unngå dette på vil være å stille spørsmål om naturvitenskapens egenart mens elevene deltar i eksperimenter.

Sandoval (2005) argumenterer for at elevers epistemologiske forståelse bør undersøkes mens de utfører ulike typer utforskende arbeidsmåter. Sandoval definerer *praktisk epistemologi* som epistemologiske ideer elevene anvender når de selv konstruerer naturvitenskapelig kunnskap gjennom utforskende arbeidsmåter. På den andre siden definerer han *formell epistemologi* som elevers refleksjoner om profesjonell eller formell naturvitenskap, altså om hva «ekte forskere gjør» i deres naturvitenskapelige samfunn. Sandoval argumenterer for at forskning på elevers naturvitenskapelige epistemologi også må inkludere analyser av elevenes egne ideer om hva det innebærer å utføre utforskende arbeidsmåter, for på den måten å bygge en bro mellom praktisk epistemologi og formell

epistemologi. Abd-El-Khalick (2013) refererer til flere studier som viser at hvis elever skal få forståelse for naturvitenskapens egenart så kreves strukturert undervisning med muligheter for refleksjon mens elevene arbeider utforskende (for eksempel Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Peters & Kitsantas, 2010; Yacoubian & BouJaoude, 2010).

Hammer og Elby (2002) foreslår videre at elevers epistemologiske forståelse på samme måte som deres forståelse for naturvitenskapelige teorier (for eksempel om stoffer og kjemiske reaksjoner), kan betraktes som en samling av ideer (p-prims, se side 19) som trigges i ulike kontekster. Disse ideene inkluderer oppfatninger om kunnskap generelt, for eksempel at «kunnskap er fakta», og også oppfatninger om hvordan kunnskap dannes. Slike underliggende ideer vil kunne påvirke elever som gjennomfører utforskende arbeidsmåter. Det blir derfor viktig å forstå hvilke spesifikke epistemologiske ideer elevene har om egen praksis, og det krever at elevene må delta aktivt med refleksjoner over naturvitenskapens egenart (epistemologiske ideer) mens de deltar i utforskende arbeidsmåter.

2.9 Læring av naturvitenskapens produkt og prosess

Konsekvenser for denne studien

Min konklusjon når gjelder teorier om hvordan barn lærer naturfag, er at læring med fordel både kan studeres hos den enkelte og som en aktivitet i samspill med andre. Jeg ser kunnskapstilegnelse som en individuell aktivitet, men samtidig mener jeg at læring er koblet til en bestemt diskurs i et sosialt fellesskap. Mitt sammensatte perspektiv på læring bidro både til undervisningen vi planla i fellesskap med lærer og intervjuene vi gjennomførte for å studere elevenes naturvitenskapelige kompetanse. Elevene ble for eksempel intervjuet både alene og sammen med andre, og undervisningen var preget både av individuelt læring og læring i fellesskap med andre.

Videre ser jeg på læring som endring og omorganisering av kunnskapselementer, som såkalt «conceptual restructuring». Både ulike diskurser og elevenes uferdige kunnskapselementer kan bidra til at elevene kan ha ulike forklaringsmodeller for et fenomen avhengig av emne- og situasjonskontekst. I planlegging av undervisningen ble det tatt hensyn til Bruners tanker om å introdusere naturvitenskapelige ideer tidlig, og deretter repetere disse på stadig mer komplekse måter (læringsprogresjon) i ulike emne- og situasjonskontekster.

Til slutt vil jeg hevde at forskningsresultatene som er oppsummert i de foregående avsnittene viser betydningen av at elevene lærer å arbeide på lignende måter som i forskersamfunnet, og at det å ha kompetanse i naturvitenskap er mangfoldig og sammensatt. I det følgende vil jeg bruke denne og annen forskning til å argumentere for hva slags naturvitenskapelig kompetanse som bør vektlegges i naturfagundervisningen og hvorfor dette er relevant i denne avhandlingen.

Elevenes naturvitenskapelige kompetanse

Som nevnt er det ikke åpenbart hvordan de to perspektivene produkt og prosess skal vektlegges i naturfagundervisningen. Et sentralt spørsmål i den forbindelse er om det finnes naturfaglige kunnskaper og ferdigheter som folk flest bør ha i vårt samfunn. Et begrep som prøver å beskrive en slik kompetanse er «scientific literacy». I følge Sjøberg (2009) er dette begrepet temmelig vagt, og han hevder at det er viktig å gi det et konkret innhold. Dette kan gjøres på ulike måter. I PISA 2000 (Lie, Kjærnsli, Roe, & Turmo, 2001) ble for eksempel «scientific literacy» ganske enkelt oversatt til «naturfaglig allmenndannelse». I PISA 2009 (Kjærnsli & Roe, 2010) konkretiseres og drøftes dette, fordi «scientific literacy» ikke dekker alle sider av begrepet naturfaglig allmenndannelse slik det brukes i norsk faglitteratur (Sjøberg, 2009). I PISA 2009 defineres «scientific literacy» som en persons:

- «kunnskap i naturfag og bruk av denne kunnskapen for å identifisere naturvitenskapelige problemstillinger, å skaffe seg ny kunnskap, å utforske naturfaglige fenomener og å trekke evidensbaserte konklusjoner om naturfagrelaterte problemer
- forståelse av de karakteristiske trekkene ved naturvitenskap som et menneskeskapt produkt, og innsikt i grunnleggende trekk ved utforskende arbeidsmetode;
- innsikt i hvordan naturvitenskap og teknologi former våre materielle, intellektuell og kulturelle omgivelser
- vilje til å engasjere seg som en reflektert samfunnsborger når problemstillinger krever en naturvitenskapelig tilnærming»
(Kjærnsli & Roe, 2010, s 160)

Denne definisjonen ivaretar tre viktige dimensjoner, nemlig naturvitenskapens produkter (dens tanker og ideer, begreper, lover og ideer), naturvitenskapens prosesser (dens metoder og arbeidsmåter) og naturvitenskapen som en sosial institusjon. Sjøberg (2009) hevder at selv om definisjoner av «scientific literacy» spriker en del, så finner man som oftest igjen disse tre dimensjonene.

Det å beherske ett aspekt ved naturvitenskapen er som vi har sett i de foregående avsnittene, nært knyttet sammen med hvordan en behersker andre aspekter. For eksempel er evnen til å tolke naturvitenskapelige data, som nevnt, avhengig av at man har gode fagkunnskaper (Amsel & Brock, 1996). Amerikanerne Duschl, Schweingruber og Shouse (2007) drøfter dette perspektivet i sin bok *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*, og legger fram et forslag til hva elever bør lære i naturfag. De foreslår en metafor som oppsummerer produkt- og prosessperspektivene i naturvitenskap, og presenterer denne som fire «learning strands»:

«Students who are proficient in science:

1. Know, use, and interpret scientific explanations of the natural world
2. Generate and evaluate scientific evidence and explanations
3. Understand the nature and development of scientific knowledge
4. Participate productively in scientific practices and discourse»

Duschl, Schweingruber og House (ibid.) trekker paralleller mellom disse fire «learning strands» og de enkelte trådene som er tvunnet sammen og former et tau; «learning strands» er enkeltrådene som til sammen utgjør det å ha kompetanse i naturvitenskap. Hver «strand» støtter de andre. Med andre ord vil framgang i én «learning strand» støtte framgang i de andre. Duschl, Schweingruber og House (ibid.) anbefaler på grunnlag av dette at naturfag som skolefag legges opp slik at alle de fire «learning strands» flettes sammen. De anbefaler at de fire «learning strands» løftes fram som læringsmål for elevene, samtidig som de også danner den overordnede rammen for tenkning om og utvikling av læreplaner i naturfag.

I denne avhandlingen har jeg valgt å bruke Duschl, Schweingruber og Shouse (2007) sin metafor, de fire «learning strands», som utgangspunkt i undersøkelsen av den norske læreplanen og av barns kunnskaper og ferdigheter i naturfag. Begrunnelsen er at inndelingen i «learning strands» gjør det mulig å kategorisere naturvitenskapelig kompetanse i fire hovedkategorier, som kan være hensiktsmessig ved undersøkelse av læreplanen og av elevers kunnskaper, ferdigheter og forestillinger. Videre tydeliggjør metaforen at ulike perspektiver ved naturvitenskap bør støtte hverandre i undervisningen, noe som sammenfaller med mitt sammensatte syn på læring. Elevene skal lære individuelt,

men også i samspill med andre. I det følgende oppsummerer jeg kort hvordan de ulike teoriene og studiene som er omtalt i teorikapitlet kan knyttes til de fire «learning strands».

Learning strand 1

I følge «learning strand» 1 skal elevene forstå, anvende og tolke forklaringer om naturvitenskapelige begreper, modeller og teorier. I denne avhandlingen var elevens forståelse av stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner av spesiell interesse, og i den forbindelse er diskusjonen om hvordan barn lærer om stoff og kjemiske reaksjoner relevant. Elever har ofte alternative forestillinger knyttet til stoffer og kjemiske reaksjoner, og det er ikke alltid enkelt å erstatte og utfordre alternative forestillinger med korrekte vitenskapelige begreper. Det kan oppstå situasjoner der forklaringsmodeller erstattes, altså «conceptual change» eller «conceptual restructuring». Det kan det se ut til at det tar lang tid og stor intellektuell innsats å bygge opp stoffforståelse (Arzi, 1988; Johnson, 2000, 2002). Videre finnes det anbefalinger om hvordan elevene lærer om stoffer i et longitudinelt perspektiv. Derfor blir diskusjoner om såkalte læringsprogresjoner (Smith et al., 2006; Wiser et al., 2012) spesielt relevant i forhold til «learning strand» 1.

Learning strand 2

I følge «learning strand» 2 skal elevene produsere og tolke data, altså delta i eksperimentelle aktiviteter. Dette innebærer for eksempel å observere, klassifisere, beskrive, kommunisere, trekke konklusjoner, operasjonalisere variabler, kontrollere variabler, framstille data, tolke data og eksperimentere. Det ser som nevnt ut til at disse ferdighetene («learning strand» 2) og forståelse for modeller, teorier og begreper («learning strand» 1) er gjensidig avhengig av hverandre og påvirker hverandre positivt (Amsel & Brock, 1996; Lehrer et al., 2001; Schauble, 1996). Videre har det vist seg at utforskning som involverer argumentasjon ved hjelp av modeller (slik det gjøres av naturvitenskapelige forskere) («learning strand» 2), er en effektiv måte for elever i alle aldre å tilegne seg ny forståelse for begreper, modeller og teorier («learning strand» 1) (Lehrer et al., 2001; Wiser & Amin, 2001).

Learning strand 3

I følge «learning strand» 3 skal elevene utvikle forståelse av naturvitenskapens egenart (NOS). Duschl et al. (2007) anbefaler at alle elever både skal få innblikk i og reflektere over

hva som karakteriserer naturvitenskap. Flere studier viser som nevnt at elevers evne til å reflektere over hensikten med naturvitenskapelige prosesser og over forholdet mellom forskeres ideer, eksperimenter og data er begrenset (Carey & Smith, 1993; Driver et al., 1996). Det kan se ut til det er spesielt vanskelig for elevene å gjøre erkjennelser innen naturvitenskapelig epistemologi. Sandoval (2004) anbefaler derfor at elevene bevisstgjøres på naturvitenskapens egenart mens de deltar i utforskende arbeidsmåter. Noen studier har vist at bevissthet om naturvitenskapens egenart kan virke positivt på både elevenes forståelse for begreper, modeller og teorier i naturvitenskapen («learning strand» 1) og naturvitenskapelige arbeidsmåter («learning strand» 2) (Penner, Giles, Lehrer, & Schauble, 1997; Rudolph, 2005; Sandoval & Reiser, 2004; Schauble et al., 1995; Schwarz & White, 2005).

Learning strand 4

I følge «learning strand» 4 skal elevene delta produktivt i naturvitenskapelig praksis og diskurs (Duschl m. fl., 2007), og en måte å gjøre det på er å kommunisere med hverandre og med læreren om naturvitenskapelige produkter og prosesser. Videre blir det ofte hevdet at å lære naturfag handler om å lære å snakke det naturvitenskapelige språket (Lemke, 1990; Wellington & Osborne, 2001), og dette innebærer at elevene bør få muligheter til å samtale om naturfaglige fenomener og naturvitenskapelige prosesser. Flere studier viser at dialoger og kommunikasjon («learning strand» 4) bidrar til fremgang i elevers forståelse av naturfaglig innhold («learning strand» 1) og økt kompetanse i naturvitenskapelig arbeids- og tenkemåte («learning strand» 4) (Felton, 2004; Mortimer & Scott, 2003; Pontecorvo, 1993). Beeth og Hewsons (1993) studie tyder også på at muntlig aktivitet og dialog i klasse («learning strand» 4) øker elevenes evne til å reflektere over naturvitenskapens egenart («learning strand» 3).

Naturfag som allmenndannelse

Flere studier har altså vist at framgang i en «learning strand» støtter framgang i andre «learning strands». Dette støtter avgjørelsen om å legge opp naturfagundervisningen slik at de fire «learning strands» flettes sammen. Det vil si at det å beherske ett aspekt ved naturvitenskapen er nært knyttet sammen med beherskelse av andre deler, og det å ha kompetanse i naturvitenskap innebærer å mestre alle fire «learning strands». Videre kan det

å beherske alle sider ved naturvitenskap være knyttet til utvikling av allmenndannelse. Sjøberg (2009) framholder allmenndannelse som noe som er felles og som alle elever bør oppnå i løpet av skolegangen. Han mener det er spesielt viktig at elevene utvikler evne til å ta begrunnede avgjørelser, og at elevene tilegner seg allmenne kunnskaper og ferdigheter. Cronon (1999) mener videre at allmenndannelse er utvikling av empati, verdinær sannhetssøking og handlekraft. Naturvitenskapelig kunnskap («learning strand 1») og kompetanse i naturvitenskapelige arbeidsmåter («learning strand 2») er allmenne kunnskaper og ferdigheter. Disse kunnskapene og ferdighetene kan bidra til at elevene blir bedre til å ta egne avgjørelser, til at de søker sannhet bevisst og at de tar kontroll over eget liv. Det blir også hevdet at personer som forstår hvordan naturvitenskap blir til (læringstråd 3), er bedre i stand til å forstå kontroverser (globale klimatrusler, genmodifisert mat, alternativ medisin) som de møter i verden utenfor skolen (Duschl et al., 2007; Kolstø, 2006). Evne til å samhandle og utvikle forståelse for sosiale normer («learning strand 4») vil i tillegg ha betydning for utvikling av empati og handlekraft. Undervisning basert på de fire «learning strands» vil kunne innebære at elevene blir introdusert for et mangfold av utforskende arbeidsmåter (Duschl, et al., 2007). Elevers deltakelse i utforskende arbeidsmåter kan for eksempel bety at de blir introdusert for autentiske problemstillinger (Knain et al., 2011), at de anvender grunnleggende ferdigheter som lesing (Ackenhausen, 2011) og digitale verktøy (Nordby, 2010). Slike kompetanser er viktige bidrag i utvikling av elevenes allmenndannelse. En undervisning som både ivaretar prosess- og produktperspektivene i naturvitenskap, vil kunne fremme en slik allmenndannelse hos elevene.

3. Metodiske problemstillinger

Det er ulike oppfatninger om hvordan vitenskapelig aktivitet bør gjennomføres for å frambringe mest mulig sikker kunnskap om de fenomener som det forskes på. Forskeren tar et vitenskapsteoretisk ståsted og det vil påvirke hvilke muligheter eller metoder som brukes for å få ny kunnskap om (den sosiale) virkeligheten (epistemologi), og også i hvilken grad og på hvilken måte den nye kunnskapen skal forstås som gyldig eller sann. I denne avhandlingen blir læreplanens kompetansemål og elevenes læringsutbytte undersøkt, og den vitenskapsteoretiske diskusjonen om hvordan en kan undersøke undervisningsplaner, læring og læreprosesser er derfor relevant.

3.1 Kritisk realisme

En forskers vitenskapsteori henger sammen med hvordan han antar at virkeligheten *er* (ontologi). Denne avhandlingen tar utgangspunkt i det vitenskapsteoretiske perspektivet som kalles kritisk realisme. Kritisk realisme ble opprinnelig utviklet som motsats til positivismen av den britiske filosofen Roy Bhaskar. Den representerer en realismeorientert forståelse av den sosiale virkeligheten, og representerer en viss kritikk av postmodernismen og sosialkonstruktivismen – i det en antar at fenomener ikke kun eksisterer som ideer eller sosiale konstruksjoner (Bhaskar & Danemark, 2006). Denne kritiske realismen tar til orde for at det eksisterer underliggende mekanismer og strukturer i den sosiale virkeligheten, og at disse eksisterer uavhengig av om de blir observert eller ei. Dermed kan vi si at denne retningen har såkalt *realismeorientert* ontologi (Buch-Hansen & Nielsen, 2005). Den sosiale virkeligheten er ikke bare de fenomenene vi observerer, men den består også av et ikke-observerbart domene. Dette perspektivet representerer den kritiske realismen sitt oppgjør med positivistisk ontologi (kun observerbare forhold utgjør den virkeligheten som kan studeres), altså retningens *kritiske* realisme. Buch-Hansen & Nielsen (ibid.) slår fast at den epistemologiske konsekvensen (hvordan få kunnskap om forhold i den sosiale virkelighet) er at en nettopp bør studere de underliggende mekanismene for å forstå sosiale fenomener. I denne avhandlingen vil dette innebære en forståelse av hva som ligger *bak* eller *under* elevenes uttrykte kompetanse i naturfag. For eksempel forutsetter jeg at elevenes mentale forestillinger eksisterer som fenomener vi ikke kan observere direkte. Kritiske realister har også en tendens til å gjøre *teoretiske* analyser av dataene sine (Alvesson & Sköldberg, 2008), i likhet med det jeg har gjort i min studie. Videre mener kritiske realister at de som

undersøker sosiale prosesser bør søke etter *mekanismer* ved de sosiale fenomenene som studeres og på den måten komme med forklaringer på hvordan ting henger sammen (Bhaskar & Danemark, 2006).

I de siste årene er det flere som har tatt til seg perspektivene fra kritisk realisme, også innen utdanningsforskning. Eksperimentering innen utdanning skjer under åpne, ikke-kontrollerte forhold. I forskning på skole og utdanning er både det som registreres og utbyttet (for eksempel hva elevene har lært) komplekst. Clegg (2005) hevder at for å forstå hvorfor læringsutbyttet varierer i utdanningsstudier, må vi forsøke å forstå hvordan en intervensjon sørger for effekter. Hun hevder at perspektivet kritisk realisme vil gi opphav til funn som kan gi innsikt i strukturer, krefter, mekanismer og tendenser som kan hjelpe oss å forstå konkrete erfaringer. I denne avhandlingen har vi planlagt undervisning sammen med læreren etter gitte prinsipper, samtidig som vi har filmet og samlet øvrige data. Studien søker derfor å gi innsikt i strukturer og karakteristiske trekk ved læring og læreprosesser i naturfag.

3.2 Metodevalg

I den toårige studien planla vi undervisningen i naturfag på mellomtrinnet sammen med en lærer. I den forbindelse gjennomførte vi en analyse av den gjeldende læreplanen, for å undersøke hvordan den ivaretar kompetanse i naturvitenskap. Ved hjelp av denne analysen og ved å følge elevenes læreprosesser gjennom undervisningsøktene, var det mulig å få innblikk i hvordan læreplanen vil kunne danne grunnlag for utviklingen av elevenes naturvitenskapelige kompetanse.

Læreplananalyse

Læreplanen i naturfag ble gjenstand for såkalt dokumentanalyse. I en dokumentanalyse samles data fra dokumenter som blir analysert med for å få fram viktige sammenhenger om de fenomenene vi ønsker å studere (Grønmo, 2004). Dokumentet vårt var læreplanen i naturfag (Utdanningsdirektoratet, 2006), og vi ville finne ut hvordan planen fanger opp ulike aspekter ved det å beherske naturfag. For å kunne gjøre dette måtte vi ta stilling til hva slags kompetanse elever skal oppnå ved å følge den norske læreplanen i naturfag. Vi tok utgangspunkt i Duschl et al. (2007) sin anbefaling om at naturfag som skolefag bør legges

opp slik at produkt- og prosessperspektiver (de fire «learning strands») flettes sammen. De hevder at undervisningsplaner og undervisning bør organiseres slik for at elevene skal få kompetanse i naturvitenskap i vid og dyp forstand. Videre anbefaler de at de fire «learning strands» løftes fram som læringsmål for elevene, samtidig som de også danner den overordnede rammen for tenkning om og utvikling av læreplaner i naturfag. Denne anbefalingen ble brukt som utgangspunkt for analysen av læreplanen i naturfag. Slik ble relevant litteratur vurdert opp mot fenomenene vi ønsket å studere i dokumentet (Thagaard, 2009).

Videre utviklet vi analyseverktøy som hadde til hensikt å fange flest mulig aspekter ved det å beherske naturfag. Et særtrekk ved dette analyseverktøyet er at det bare kan anvendes når målformuleringene er uttrykt i form av verb som eksplisitt sier hva elevene skal kunne demonstrere av kompetanse. Den norske læreplanen i naturfag, som fungerte som en testcase, består nettopp av såkalte kompetansemål der verbene er sentrale for å beskrive kompetansen som det forventes at elevene skal ha ved endt opplæring. Analyseverktøyet tok sikte på å kategorisere kompetansemålene i ulike kompetanser som reflekterer de fire «learning strands» (bredde), og i dybdekategorier som reflekterer taksonomiske nivåer (dybde). Det vil komme en nærmere beskrivelse av disse kategoriene i analysedelen. Det teoretiske bakteppet som var sentralt i analysen av læreplanen, var også sentralt for den longitudinelle studien av klasserommet.

En longitudinell case-studie

Det er utviklet mange teorier om læring og undervisning på basis av resultater fra forskning i klasserommet. I denne studien ble elevenes kompetanse i naturvitenskap undersøkt i en to års periode, og det ble ansett som viktig å avdekke dybden i elevenes forståelse og evne til refleksjoner. Det er hensiktsmessig å bruke kvalitativ forskning når man ønsker å få dybdekunnskap om et fenomen. Dette er også bakgrunnen for vårt valg av metode i klasserommet. Kvalitativ forskning er opptatt av å få kunnskaper om ulike sosiale fenomeners vesen og kjennetegnes ved å avdekke fenomeners innhold, betydning og å uttrykke disse språklig (Dey, 1993).

Studien i denne avhandlingen er longitudinell. Keeves (1998) hevder at longitudinelle studier har et stort potensial fordi at man nå kan samle store mengder data i databaser, og at dataprogrammer kan analysere disse dataene. I en longitudinell studie med gjentatte intervjuer, tester og undervisningssituasjoner, kan man studere hvordan elevene utvikler sin naturvitenskapelige forståelse og ferdigheter. White (2001) hevder at en longitudinell innfallsvinkel bidrar til å gi ulike aspekter på læringsprosessen og den sosiale sammenhengen. Longitudinelle studier gir unike muligheter for å studere typiske mønstre i utviklingen hos elever. En ulempe med longitudinelle studier er at det genereres store mengder med data, og at studien tar lang tid. For å innhente datamateriale som kunne besvare forskningsspørsmålene var det naturlig å gjøre et lite utvalg av informanter, og deretter begrense datainnsamlingen til dialoger som disse elevene deltok i. Studien retter seg i hovedsak mot fire elever i en klasse gjennom to år og hvordan disse fire elevene lærer naturvitenskapelig produkt og prosess. Forskningsstrategien kan derfor kategoriseres som en casestudie med elevperspektiv.

En casestudie er en forskningsstrategi som benyttes for å undersøke utvalgte fenomener i naturlige omgivelser, med forskjellige datakilder. Casestudier baserer seg ikke på representative utvalg hvor formålet er generaliserbare funn, men heller på å komme frem til utfyllende beskrivelser (Geertz, 1973) av de studerte fenomenene. Typisk for casestudier er at det tas i bruk flere, oftest kvalitative forskningsmetoder (Ramian, 2007):

Case study is a strategy for doing research which involves an empirical investigation of a particular contemporary phenomenon within its real life context using multiple sources of evidence (Robson, 2002)

Datainnsamlingen baserer seg på forskjellige kvalitative tilnærminger. Det ble benyttet videoopptak av undervisningen, gruppeintervjuer og individuelle intervjuer. Det ble altså brukt ulike undersøkelsesstrategier, og det betyr at vi benyttet det Robson (2002) kaller for metodetriangulering. Fordelen med triangulering er at de ulike tilnærmingene kan føre til en utfyllende beskrivelse av elevenes læreprosesser. Utfordringen kan være å sammenfatte data fra de ulike undersøkelsesstrategiene. I denne studien bidro tydelig definerte kategorier av elevenes forståelse som hjelp i sammenfatningen. Datainnsamling foregikk i bestemte

perioder med tidsavgrensning, noe Postholm (2010) påpeker er karakteristisk for en casestudie.

En intervensjonsstudie – aksjonsforskning og «Design Based Research»

En viktig hensikt med den longitudinelle studien var å implementere progresjon og utforskende arbeidsmåter i naturfagundervisningen. Studien kan dermed betraktes som en intervensjonsstudie. De to forskningsretningene aksjonsforskning (AF) og «Design Based Research» (DBR) påvirket studiens design, for eksempel ved at det ble lagt vekt på sammenhengen mellom praksisutvikling og teoriutvikling. Dette er et typisk kjennetegn ved både AF og DBR. I det følgende vil jeg presentere viktige prinsipper ved disse metodiske tilnærmingene.

I aksjonsforskning (AF) betraktes utvikling av praksis gjennom observasjon av planlagte undervisningssekvenser som et egnet utgangspunkt for å generere ny kunnskap om praksisfeltet. Forskeren er selv aktiv ved å gripe inn i feltet som studeres med tanke på å forbedre det, og forbedringsprosessen er dermed en del av forskningsprosessen. En utfordring for aksjonsforskeren er at hun må oppfylle to krav samtidig, både medaktørens praktiske behov og vitenskapens akademiske behov. Aksjonsforskningsteori bærer også med seg ideer om at generering av ny kunnskap er en uavbrutt syklisk prosess som inkluderer kritisk refleksjon (McNiff & Whitehead, 2013). Etter hvert som syklusene går sin gang, raffineres metoder, analyser og fortolkninger i lys av funn fra tidligere studier. Den norske aksjonsforskeren Tom Tiller omtaler AF på denne måten;

I aksjonsforskningen møtes forskere og praktikere i dialog for sammen å ta tak i en ønsket utviklingsprosess. De står på barrikadene for en felles sak... Dialogen mellom forsker og praktiker er en nøkkel i aksjonsforskningen (Tiller, 2004)

Aktiv deltakelse fra partene som er involvert står sentralt. Graden av deltakelse kan variere, men i utgangspunktet er forskere og praktikere avhengig av hverandre. Aksjonsforskning (AF) har vært grundig diskutert i litteraturen (for eksempel Davidson, Martinsons & Koch, 2004; Lau, 1999), og kriteriene for hva som karakteriserer denne metoden varierer mellom forskerne. Susman og Evered (1978) foreslår for eksempel en type AF som har likheter med det å teste ut en bestemt løsning på et problem. De foreslår at aksjonsforskning kjennetegnes av følgende seks punkter: a) AF har som hensikt å skape en bedre fremtid. b)

AF fordrer samarbeid, og et avhengighetsforhold mellom forsker og praktiker. c) AF innebærer systemutvikling, og frembringer mekanismer som kan løse problemer for praktikerne. d) AF generer teorier som er fundert i handlinger ved å analysere situasjoner og intervensjoner ved hjelp av teori, og ved å vurdere intervensjoner til å teste underliggende teorier. e) AF anerkjenner at hver situasjon er unik, og kan kreve en revisjon av tidligere utviklede intervensjoner. f) AF er situasjonsbetinget. Susman og Evered (ibid.) foreslår en syklisk prosess basert på disse punktene.

En metodisk tilnærming som har mange likhetstrekk med aksjonsforskning (AF), er «Design Based Research» (DBR). DBR i klasserommet ble introdusert blant annet fordi det var behov for å bestemme hvordan ulike undervisningsdesign påvirket ulike variabler i læring og undervisning (Collins, 1992). I følge Collins, Joseph & Bielaczyc (2004) er noe av det mest sentrale ved DBR at det gjøres endringer og korreksjoner underveis, samtidig som studien foregår i autentiske omgivelser. De som utvikler undervisningsopplegget vil måtte ta mange avgjørelser underveis både i utviklingen av designet og i implementeringsprosessen. Ofte er det et artefakt som undersøkes, for eksempel et digitalt læringsverktøy. Utviklingen av designet pågår mens det implementeres, og det gjøres små endringer underveis basert på respons og bruk fra lærere og elever. Collins og kolleger (ibid.) påpeker at elementene i DBR foregår i uoversiktlige, reelle situasjoner, og at det er sjelden at to situasjoner er så like at designet vil kunne gi like resultater. En av hovedutfordringene for DBR er å karakterisere implementeringsprosessen på en slik måte at det blir verdifullt for andre, og spesielt for de som skal sette i gang liknende prosesser. En måte å validere design-prosjekter på, er å sørge for de tidligere nevnte «thick-descriptions» (Geertz, 1973). Det blir viktig å beskrive alle stegene i implementeringsprosessen så detaljert at andre forskere eller praktikere kan gjøre en liknende intervensjon.

DBR likner AF ved at begge identifiserer reelle problemstillinger ledsaget av påfølgende tiltak for å forberede den nåværende situasjonen. I tillegg er praktikerne (for eksempel lærerne) sterkt involvert i undersøkelsesprosessen. Iivari og Venable (2009) sammenlikner AF og DBR, og påpeker at hensikten med DBR er å konstruere nye og innovative måter å løse en type problemer på (for eksempel utformingen av et digitalt verktøy eller en ny undervisningsplan). De hevder at det da kan skapes en «ny virkelighet», og at dette ikke

nødvendigvis er hensikten i AF. Mye aksjonsforskning skjer i eksisterende organisatoriske strukturer mellom mennesker. Videre påpeker Wang og Hannafin (2005) at det i DBR som oftest er forskere som tar initiativ til forskningen, men at det i AF hovedsakelig er behov fra praktikerne som bestemmer forskningsprosjektets retning. Iivari og Venable (2009) hevder likevel at det kan være stor grad av overlapp mellom AF og DBR, avhengig av tilnærmingen til de to metodene. I det følgende gir jeg en beskrivelse av undervisningen og datainnsamlingen i vår studie, samtidig som jeg belyser hvordan studien har likhetstrekk både ved AF (AksjonsForskning) og DBR (Design Based Research).

3.3 Beskrivelse av den longitudinelle studien

En syklisk prosess – undervisning, datainnsamling og revisjoner

Premissene for den longitudinelle studien ble opprinnelig utviklet i en dialog mellom forskere, skoleledere, lærere og foreldrerepresentanter i en rural kommune i Norge. Forskerne ble i dette tilfellet kontaktet av skoleledere og foreldrerepresentanter med ønske om å forbedre og revidere realfagsundervisningen i kommunen. Dette viser at oppstarten av studien er i tråd med AF, siden det var behovet fra praktikerne som gav retning i den tidlige fasen (Wang & Hannafin, 2005).

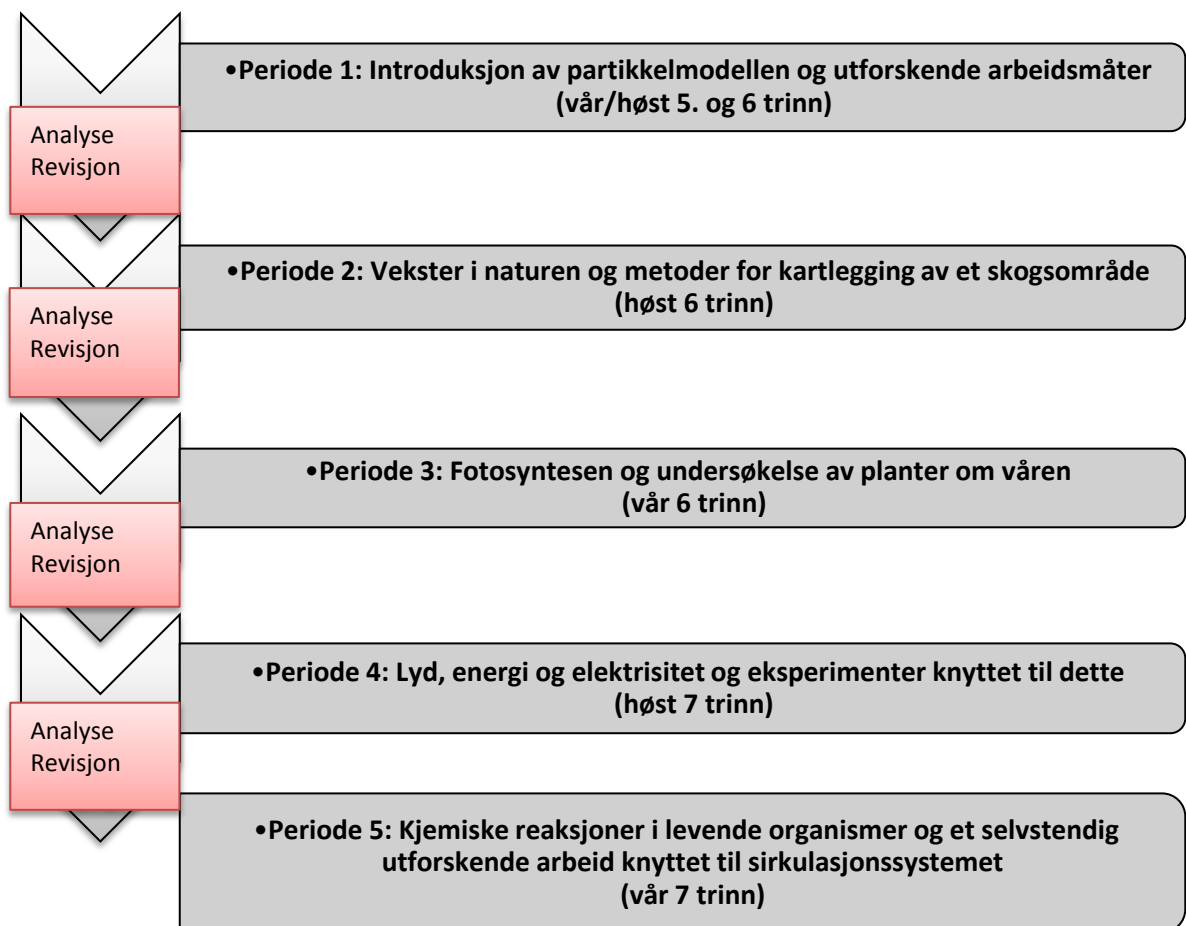
Denne avhandlingen tar for seg en studie der forskere og en av lærerne på en skole i denne kommunen samarbeidet. Samarbeidet dreide seg om en langsiktig planlegging og gjennomføring av undervisning i naturfag på mellomtrinnet. Forskere deltok aktivt i planlegging av undervisningen, og hadde ansvar for å implementere progresjon og utforskende arbeidsmåter i undervisningsplanene. Videre ønsket vi å undersøke hvordan slike prinsipper i undervisningen virket på elevenes læring. En av studiens hensikter var altså å undersøke sammenhengen mellom en bestemt undervisningsdesign og elevens læreprosesser. Dette er i tråd med prinsippene i DBR, nemlig å konstruere nye og innovative måter å løse en type problemer på (Iivari & Venable, 2009).

I planleggingen av undervisningen ble det lagt vekt på at den skulle være variert og utforskende samtidig som den oppfylte kompetansemålene i den norske læreplanen. Vi la vekt på at elevene skulle forklare, anvende og vurdere naturvitenskaplige modeller og beskrive hva som kjennetegner naturvitenskapens egenart. Samtidig skulle elevene delta i

utforskende arbeidsmåter, samt reflektere over disse og egne læreprosesser. Undervisningen skulle altså ivareta Duschl et al. (2007) sine anbefalinger om å integrere produkt- og prosessperspektivene i naturfagundervisningen. Videre ble det lagt vekt på at sentrale begreper og teorier skulle repeteres, raffineres og utvides gjennom det longitudinelle undervisningsforløpet. Dette gikk blant annet ut på at begreper og teorier skulle repeteres i ulike undervisningssituasjoner og i ulike emner, inspirert av såkalte læringsprogresjoner (Smith et al., 2006).

Forskerne hadde hovedansvaret for at disse viktige prinsippene ble ivaretatt. For å sikre at undervisningen i størst mulig grad var i tråd med intensjonene, ble det utviklet svært detaljerte undervisningsplaner i forkant av hver undervisningsperiode. Et eksempel på en slik detaljert plan foreligger som vedlegg (vedlegg 1). Læreren hadde en svært viktig rolle både ved planlegging og gjennomføring av undervisningen. Hun bidro med ideer tidlig i planleggingen, og satte seg inn i de endelige planene før undervisningen. Dette innebar at hun for egen del måtte repetere/lære seg naturfaglige temaer, samt sette seg inn i hvordan prinsippene i utforskende arbeidsmåter skulle settes ut i livet. Læreren var erfaren, og spesielt dyktig til å lede undervisningen. Hun la vekt på å følge de detaljerte undervisningsplanene, samtidig som hun gjorde undervisningen til sine egen. Planene inneholdt beskrivelser av hvordan eksperimenter, demonstrasjoner og dialoger skulle ledes. Læreren ledet for eksempel IRF dialoger (Leach & Scott, 2003) ved utforskende arbeidsmåter.

Forskerne fulgte den samme elevgruppen gjennom to år, og utviklet stadig nye undervisningsplaner som bygget på hverandre. I tråd med DBR ble undervisningsoppleggene revidert underveis i hver periode og mellom hver periode basert på erfaringer og data fra elever og lærer (Collins, Joseph, & Bielaszyc, 2004). For å få til dette ble også data (tester, elevsitater, rapporter) fra undervisningsøkter brukt til å revidere og forbedre videre undervisningsplaner i den longitudinelle studien. Det var prinsippene i undervisningsopplegget som ble gjenstand for evaluering og forbedring. Planene ble prøvd ut, testet og revidert for neste periode. I figur 1, i vedlegg 2 og i avsnittene under vises en oversikt over de ulike periodene i denne studien, der det fremkommer hvordan utforskende arbeidsmåter og progresjon ble ivaretatt.



Figur 1: Etter hver periode ble elevresultater og undervisningssituasjoner analysert, og resultatene fra disse analysene ble brukt i planlegging av neste periode (se også vedlegg 1 og 2)

Vi fulgte elevene i den aktuelle klasse fra den våren de gikk i 5. trinn til den våren de gikk i 7. trinn. Læreren hadde ansvaret for gjennomføringen av undervisningen. Forskere var til stede fem-seks hele skoledager i hvert semester, men da i hovedsak som observatører. De fem-seks skoledagene tilsvarer en periode, og på en skoledag foregikk det undervisning i naturfag i alle øktene. I tillegg til og i tilknytning til disse dagene fikk elevene tid til å arbeide med rapporter og fremføringer i naturfag på skolen. Læreren veiledet også elevene i rapportskrivning og muntlige fremføringer uten at forskerne var til stede. Hun underviste også noen naturfagemner uten forskernes tilstedeværelse. Imidlertid ble det aller meste av naturfagundervisningen for denne klassen gjennomført i de periodene hvor vi forskere var til stede. Læringsmålene for hver periode kommer fram i vedlegg 2. I avsnittene under skisseres de grep læreren gjorde i undervisningen, og hvilke refleksjoner og revisjoner som ble gjort etter hver periode.

Periode 1 (5. /6. trinn, mai-september 2009)

I periode 1 lærte elevene at luft er noe, tar plass og veier noe (se vedlegg 2, læringsmål periode 1). De ble kjent med stoffer i fast form, væske og gass. Lærer ledet elevene gjennom ulike aktiviteter som viste at stoffer består av partikler og at partiklene oppfører seg forskjellige i de ulike aggregattilstandene. Elevene lærte at jo raskere partiklene beveger seg, jo høyere temperatur har stoffet og at trykket i en gass har sammenheng med hvor ofte og hardt partiklene kolliderer. Læreren presiserte at det i faseoverganger mellom gass, væske og fast stoff er bindingene mellom partiklene som endrer karakter, mens stoffet fortsatt er det samme.

Læreren oppfordret elevene til å lage og begrunne hypoteser i forbindelse med små og større utforskende arbeid. De gjennomførte en større undersøkelse av sammenhengen mellom det de drakk og det de urinerte, og lærer lot elevene komme med forslag i planleggingen av undersøkelsen. Elevene laget blant annet sine egne målebeger etter innspill fra en elev.



Fig 2. En elev tegner inn måleenheter på målebeger

Lærer stilte elevene også spørsmål om hvordan resultatene fra de utforskende arbeidene kunne tolkes. Flere mulige tolkninger ble diskutert, og lærer lyttet i de fleste tilfellene til mange elever før hun konkluderte med en korrekt naturvitenskapelig forklaring. Elevene deltok i forskermøter, og de diskuterte betydningen av å sammenlikne resultater. Lærer introduserte begrepet feilkilder, og hun diskutert dette flere ganger med elevene i løpet av det utforskende opplegget. I tillegg anvendte elevene partikkelmodellen i rollespill og i tegninger. Elevene deltok produktivt i dialoger både i undervisning, ved eksperimentell aktivitet og ved diverse framføringer.

I utviklingen av en læringsprogresjon er det viktig å kartlegge elevenes forståelse før en planlegger det neste trinnet i undervisningen. I intervjuer og i tester etter periode 1 kom det frem at elevene hadde tilegnet seg god partikkelforståelse, og det ble derfor besluttet at lærer skulle introdusere atomer, molekyler og kjemiske reaksjoner når elevene skulle lære mer om stoffer. Videre kom det ved hjelp av eksperimentrapporter, videodata, intervjuer og tester fram at elevene så ut til å trenge hjelp til å koble utforskende arbeidsmåter til relevante naturvitenskapelige modeller og teorier. Det ble derfor besluttet at undervisningen i de neste periodene skulle hjelpe elevene til å begrunne hypoteser og gjøre tolkninger som er forankret i relevant teori, for eksempel ved å utvikle enda tydeligere maler for eksperimentrapporter eller muntlige framlegg.

Periode 2 (6. trinn, oktober 2009)

I denne perioden lærte elevene om hvordan levende organismer er organisert taksonomisk. Læreren la i sin undervisning spesiell vekt på planter og sopp i naturen, og elevene samlet mose, lav, sopp og blomsterplanter i et skogsområde for å kartlegge hvilke arter som fantes der. Denne perioden var derfor ikke en del av læringsprogresjonen for stoffer og kjemiske reaksjoner. Imidlertid skulle elevene i denne perioden igjen koble utforskende arbeidsmåter til de naturvitenskapelige teoriene (systematikk). De skulle blant annet lage en informasjonsfolder der de presenterte resultatene, og det ble laget en tydelig mal for hvordan dette skulle gjøres (besluttet på grunnlag av resultater fra periode 1). Læreren ledet en diskusjon om hvorfor forskere burde sammenlikne resultater, og lot flere elever komme med sine synspunkter. Videre la hun vekt på hva som kjennetegner god og overtalende argumentasjon i naturfag (i forbindelse med vern av natur og kartlegging av vekster). Elevene deltok deretter i en debatt om utbygging og miljøvern. Analyse av videodata fra denne perioden viste at læreren fremdeles kunne videreutvikle sin måte å stille faglige spørsmål til elevene på, og det ble besluttet å legge spesiell vekt på dette i neste periode.

Periode 3 (6. trinn, april-mai 2010)

I den tredje perioden ble elevene introdusert for atomer og molekyler, og begrepet partikler ble dermed differensiert i to nye begreper (se vedlegg 2, læringsmål periode 3). I tillegg lærte elevene om hvilke stoffer som inngikk i fotosyntesen og at det her er molekyler som



Figur 3: En elev bygger et glukosemolekyl

reagerer med hverandre og danner nye. Lærer ledet elevene gjennom ulike aktiviteter som fikk fram forskjellen mellom atomer og molekyler (se for eksempel figur 2) og det som skjer i fotosyntesen både på makro- og mikronivå. Lærer presiserte videre at atomene ikke forandres i kjemiske reaksjoner, og undervisningen la vekt på hvordan planter er tilpasset til å gjøre fotosyntese tidlig om våren.

Elevene gjennomførte et større utforskende arbeid, der de undersøkte vårplanters tilpasning til tidlig spiring. Læreren oppfordret elevene til å lage og begrunne hypoteser i forbindelse med dette og andre små utforskende arbeid, og videreutviklet nye måter å stille elevene spørsmål om hvordan resultatene fra de utforskende arbeidene kunne tolkes (besluttet på grunnlag av resultater i periode 2). Igjen ble mulige tolkninger diskutert, og lærer lyttet til mange elever før hun konkluderte med en korrekt naturvitenskapelig forklaring. Elevene deltok i klasseromsdialoger, diskuterte i grupper og samarbeidet om undersøkelsen av planter om våren. Imidlertid brukte læreren noe mindre tid på å diskutere sammenlikning av resultater og feilkilder enn i de to første periodene. Elevene presenterte fotosyntesen for hverandre på ulike måter, og senere presenterte de resultatene fra undersøkelsen av en vårplante i en muntlig presentasjon. Det ble utviklet maler med kriterier for begge disse presentasjonene, som sikret at elevene laget hypoteser og tolket data ved å koble til teori om fotosyntesen (besluttet på grunnlag av resultater i periode 1).

I intervjuer, i muntlige fremlegg (videodata) og i tester etter periode 3 kom det frem at elevene hadde varierende forståelse for fotosyntesen, og det ble derfor besluttet at elevene måtte arbeide grundig med kjemiske reaksjoner for å få en dypere forståelse for dette. Videre kom det fram at elevene fremdeles kunne bli bedre til å koble utforskende arbeidsmåter til relevante naturvitenskapelige modeller og teorier, spesielt når det gjaldt å begrunne hypoteser. Lærer skulle derfor legge vekt på å be elevene begrunne hypoteser med relevant teori i neste periode.

Periode 4 (7. trinn, oktober-november 2010)

I løpet av den fjerde perioden lærte elevene om lyd, energi og elektrisitet og at partiklene overfører lyd og energi, altså nye anvendelser av partikkelmodellen (se vedlegg 2, læringsmål periode 4). Læreren presiserte at elektroner er små partikler som gjør at det kan gå elektrisk strøm i ledninger og at varmeenergi er bevegelsesenergi. Videre ledet læreren elevene gjennom mange små eksperimenter (eksempel figur 4), der de ble bedt om lage hypoteser og å begrunne disse (besluttet på grunnlag av resultater i periode 3) samt å tolke data.



Figur 4: Elever lager ballongrakett

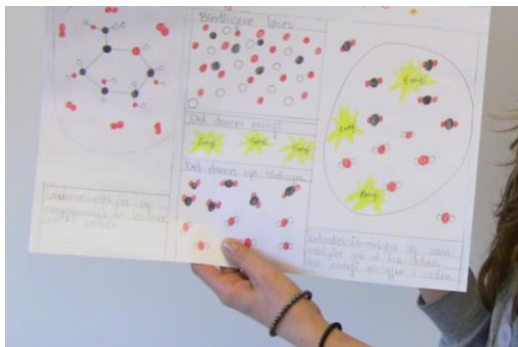
Læreren brukte i tillegg ulike modeller for å representere og skape forståelse for virkeligheten. Elevene deltok for eksempel i to typer rollespill om elektrisk strøm. I det første rollespillet forestilte en ulltråd elektronene og personen som dro tråden rundt forestilte batteriet. I det andre rollespillet spilte elevene elektroner (Tveita, 2003). Lærer ledet diskusjoner om hva disse rollespillene og animasjonen forestilte ved å stille spørsmål. Mulige forklaringer ble diskutert, og lærer lyttet til mange elever før hun konkluderte med en korrekt naturvitenskapelig forklaring. Elevene ble bedt om å diskutere i grupper under og etter forsøkene og rollespillene. Lærer ledet også en diskusjon om hva en kunne lære av rollespillene. Videre fikk elevene besøk av en forsker som hadde undersøkt elektrisitet i tidligere tider.

Intervjuer, videodata og tester etter periode 4 viste at elevene fremdeles hadde god partikkelforståelse, og dette støttet beslutningen om å jobbe spesielt med kjemiske reaksjoner i den siste perioden. I periode 4 deltok elevene ikke i noe stort utforskende arbeid, og det ble derfor bestemt å legge stor vekt på en slik deltagelse i den siste perioden.

Periode 5 (7. trinn, januar-mars 2011)

I den siste perioden var det meningen at elevenes forståelse for stoffer og kjemiske reaksjoner skulle utvides ytterligere (besluttet på grunnlag av resultater i periode 3 og 4). De lærte om kjennetegnene ved kjemiske reaksjoner både på makro- og mikronivå, for

eksempel at det i kjemiske reaksjoner dannes nye stoffer med nye egenskaper (se vedlegg 2, læringsmål periode 5). Lærer presiserte at bindinger mellom atomene i molekylene brytes og nye dannes, og at oksygenmolekyler inngår i forbrenningsreaksjoner, både med metaller og andre stoffer. Hun fokuserte både på forbrenning av metaller og av organiske molekyler. Dette ble koblet til forbrenning generelt og forbrenning i animalske celler og også funksjonen til sirkulasjonssystemet og respirasjonssystemet. Læreren ledet elevene gjennom både små eksperimenter, rollespill og modeller for å få fram det karakteristiske ved forbrenningsreaksjoner og sirkulasjonssystemet. Elevene bearbeidet sin forståelse for kjemiske reaksjoner på ulike måter, blant annet ved å lage en plakat som viste hva som skjer ved forbrenning i cellene (se figur 5).



Figur 5: En elev viser fram sin plakat over forbrenning i cellene

Igjen stilte læreren spørsmål om hvordan resultatene fra eksperimentene kunne tolkes og hva rollespillene skulle forestille. Det ble gjennomført et større utforskende arbeid (undersøkelse av sirkulasjonssystemet hos mennesker eller dyr), og denne gangen laget elevene selv forskningsspørsmål og hypoteser, samt foreslo sin egen forskningsdesign (besluttet på grunnlag av resultater i periode 3 og 4). Igjen ble mulige tolkninger fra de forskjellige undersøkelsene diskutert, og lærer lyttet til mange elever før hun konkluderte med de korrekte naturvitenskapelige forklaringene. Hypotesedanning og sammenlikning av resultater ble lite løftet fram og diskutert. Imidlertid ble det fokusert på vitenskapshistorie ved at elevene fikk besøk av to vitenskapsmenn fra tidligere tider (Antoine Lavoiser og Leonardo da Vinci).

I tråd med DBR ble altså undervisningsoppleggene revidert underveis i hver periode og mellom hver periode basert på erfaringer og data fra elever og lærer. Revisjonen mellom periodene var imidlertid ikke alltid like lett å få til fordi det stadig var nye emner med

bestemte faglige utfordringer som skulle undervises. Selv om det som nevnt var overordnede prinsipper som ble forsøkt revidert, dukket det i tillegg opp nye fagspesifikke problemstillinger i hver periode.

3.4 Utvalget i den longitudinelle studien

Som nevnt valgte vi å følge fire elever i klassen gjennom de to årene studien varte. På den måten kunne vi få et bredt og utfyllende bilde av noen utvalgte elevers læringsprosesser. I en tidlig fase ble seks elever valgt ut for å delta i intervjuer etter hver periode. Disse elevene ble også filmet spesielt når det var gruppediskusjoner i klasserommet. De seks elevene (tre gutter og tre jenter) ble plukket ut av læreren, og ble valgt fordi de på ulike måter pleide å bidra muntlig i undervisningen og fordi de presterte ulikt på tester. Grunnen til at det ble valgt seks elever var at det skulle gjennomføres fokusgruppeintervjuer med tre elever om gangen (to fokusgrupper) (på side 66 begrunnes bruk av fokusgruppeintervjuer ytterligere).

I longitudinelle studier blir det ofte samlet inn en stor mengde data, og det var også tilfelle i denne studien. For å redusere datamengden ble det derfor bestemt at kun data fra fire av de seks elevene skulle inngå i studien. De fire elevene representerte ulike elevtyper. De to guttene (med de fiktive navnene Thomas og Martin) deltok begge aktivt i diskusjoner i klassen, foretrakk dialoger og eksperimenter, men ikke skriftlig arbeid. Thomas presterte markert bedre enn Martin på tester i naturfag, men uttrykte seg alltid kort skriftlig og fikk ikke så godt fram sin faglige forståelse i kreative tekster. Thomas var også mer aktiv muntlig enn Martin. I muntlige dialoger kom det fram at Thomas oppfattet faglige poenger raskt. Han hadde ofte forkunnskaper han mest sannsynlig hadde fått ved hjelp av foreldrene, internett, tv og andre kilder. Imidlertid bidro han ofte med innspill som bare var til dels faglig relevante. Martin skrev lite og presterte svakt på tester og kreative tekster, men han viste varierende forståelse i muntlige dialoger. Det så ut til at han intuitivt forsto enkelte naturvitenskapelige fenomener, men misforsto andre. Hans deltakelse i dramatisering som representasjon av slike fenomener (for eksempel partikkelmodellen), så ut til å bidra spesielt sterkt til hans forståelse av disse fenomenene.

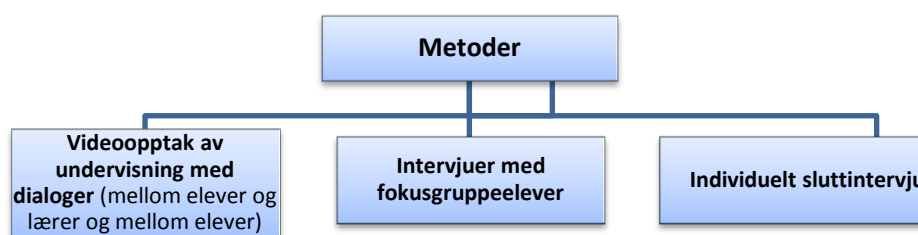
En av jentene (med fiktivt navn Anna) var en typisk høyt presterende elev, som deltok relativt ofte i diskusjoner der hun ofte viste god forståelse. Hun var en pliktoppfyllende elev

som var opptatt av å tilfredsstillte læreren, og gav stort sett alltid faglig relevante svar i muntlige dialoger. Anna presterte godt på skriftlige tester og skrev utfyllende og kreative tekster på høyt faglig nivå. Den andre jenta (med fiktivt navn Elisabeth) deltok derimot lite i diskusjoner i klassen. Hvis hun deltok, gav hun sjelden utfyllende svar. Elisabeth presiserte at hun lærte best ved å lese fagstoffet, og det så derfor ut til at hun foretrakk lesing i større grad enn de andre. De andre tre hevdet at de lærte best naturfag ved å gjøre eksperimenter. Elisabeth presterte faglig noe under gjennomsnittet for klassen på tester i naturfag, men skrev relativt utfyllende og faglig korrekte kreative tekster.

Datainnsamlingen i den longitudinelle studien er i hovedsak knyttet til disse fire elevene. De er representative for spredningen i klassen, fordi de har ulike prestasjoner og motivasjon i naturfag. Firergruppen presterte nær gjennomsnittet i klassen (Øyehaug & Holt, 2013), og en kan derfor forsiktig hevde at data fra disse elevene gir et representativt bilde av klassens resultater. Videre vil data fra disse elevenes læringsprosesser kunne gi et bidrag til en hypotese om hvordan elever lærer naturvitenskapens produkt og prosess i et langsiktig perspektiv.

3.5 Datainnsamling i den longitudinelle studien

Datamaterialet består som jeg allerede har vært inne på av videoopptak av dialoger i klasserommet, intervjuer med fokusgrupper ved slutten av hver undervisningsperiode og individuelle intervjuer med fokuselever ved slutten av 7. trinn (se vedlegg 2, 3 og figur 1).



Figur 3. Oversikt over metodene som ble brukt i den longitudinelle studien

Dataene som ble samlet skulle si noe om utviklingen av elevers læreprosesser i en bestemt undervisningskontekst. Brown (1992) argumenter for en kombinasjon av laboratoriestudier og klasseromstudier når en skal studere hvordan elever lærer. I en laboratoriestudie av

barns læring vil barnet svare på bestemte spørsmål, gjerne isolert fra andre barn. Dermed vil en klasseromstudie representere et skifte fra eksperimentell kontroll til en studie av «virkeligheten» i klasserommet. Brown påpeker at et skifte mellom kontrollerte eksperimenter til klasseromstudier beriker hennes forståelse av et bestemt fenomen. Hun hevder at laboratoriearbeidene informerer klasseromsobservasjonene – og omvendt. Trender som oppdages i spontane klasseromsdiskusjoner, kan testes under mer kontrollerte forhold i intervjusituasjoner. For eksempel viser analyser av klasseromsdialoger at ulike betingelser påvirker spontan bruk av forklaringer (Brown, 1992). Spontan bruk av forklaringer brukes ikke før elevene har forstått fenomenet og ser sammenhenger, samtidig som de reviderer og fordypet sin forståelse av komplekse årsaksmekanismer. På grunnlag av dette, kan det gjennomføres laboratoriestudier for å finne ut om denne utviklingen kan reproduseres under eksperimentell kontroll. Brown (ibid.) argumenterer med dette for bruk av flere metoder for å studere et fenomen. I denne studien kombinerte vi intervjuer (et mer eller mindre kontrollert eksperiment) og observasjon av undervisning («virkeligheten») for å studere utvikling av elevenes naturvitenskapelige kompetanse.

Videoopptak fra undervisningen

Datamaterialet som danner grunnlaget for denne studien (se vedlegg 2) består av ca. 40 timer videoopptak fra undervisning og intervjuer. Kun undervisningssekvenser der elevene var faglig aktive ble filmet. En av fordelene ved å ta i bruk video i observasjonene, er at man kan filme både lærer og flere elever samtidig. Man kan også velge å fokusere på noen utvalgte hvis det er ønskelig. Etter opptak blir data lagret i en slik form at det er mulig å gjøre nye analyser på et senere tidspunkt, og muligheten til å gjøre en grundigere analyse blir dermed større. Det viktigste instrumentet når en benytter seg av observasjon som metode er forskeren. I dette tilfellet var det vi forskere som styrte videokameraet og kunne bestemme hva som skulle tas med. Observasjonen kan sies å være strukturert fordi iakttagelsen fokuserer på utvalgte typer hendelser og/eller handlinger i undervisningen.

Ulemper med at mye av datamaterialet er fra klasseromsdialoger er at elevene blir svært ulikt representert (stor forskjell i datamengde fra den muntlig mest aktive sammenlignet med den minst aktive eleven) og at datainnsamlingen ble mindre forutsigbar og skarp. Vi har allikevel valgt å inkludere data fra klasseromsdialoger til tross for de metodiske

utfordringene dette medfører, fordi det tilfører studien nyanser gjennom et bredere og mer utfyllende bilde av elevene underveis i læringsprosessene. Dette ville vært vanskelig å fange opp i mer standardiserte og kontrollerte intervjusituasjoner.

Intervju av fokusgruppeelever

Etter hver periode, bortsett fra periode 2, ble det gjennomført intervjuer med de to fokusgruppene som ble videofilmet. Den ene gruppen besto av tre jenter (Anna, Elisabeth og en jente til), og den andre gruppen besto av tre gutter (Thomas, Martin og en gutt til). I avhandlingen er det som nevnt bare elevuttalelser fra Anna, Elisabeth, Thomas og Martin som analyseres. Hensikten med disse intervjuene var å avdekke elevenes forståelse av naturvitenskapelige begreper og teorier, naturvitenskapelige arbeidsmåter og refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter knyttet til hver av periodene. Årsaken til at det ble gjennomført gruppeintervjuer istedenfor individuelle intervjuer var blant annet mangel på tilgjengelig tid med elevene. En ulempe med dette var at enkeltelever ikke svarte på alle spørsmålene, og at den faktiske forståelsen hos elevene derfor ikke kom tilstrekkelig fram. Imidlertid kan gruppeintervjuer med flere informanter føre til en mer dynamisk samtale, der de ulike informantene kan hjelpe hverandre med å få flyt i samtalen. Videre ble det ansett som sentralt å få fram i hvilken grad det var enighet og uenighet i gruppa, og hvordan elevene eventuelt skapte mening sammen (jfr. sosiokulturell læringsteori). Denne meningsdannelsen kunne igjen brukes til å analysere de individuelle elevenes forståelse. Gjennomføringen av intervjuene var i tråd med det som defineres som delvis strukturerte intervjuer, hvor spørsmål og tema var fastsatt på forhånd, mens rekkefølgen i intervjuet ikke behøver å følge intervjuguiden (Postholm, 2010; Thagaard, 2009). Fordelen med slike intervjuer er at intervjuer kan være fleksibel i forhold til elevenes svar, og videre tilrettelegge intervjuet slik at spørsmålene ble knyttet opp mot elevenes tankerekker og forutsetninger.

Individuelt sluttintervju

Til sist i den longitudinelle studien ble det gjennomført et sluttintervju som enten ble filmet eller gjort lydopptak av. Intervjuet ble gjennomført ved påsketider i 7. trinn, tre uker etter at den siste undervisningsperioden om *Kjemiske reaksjoner generelt og i levende organismer* var avsluttet. Det samme intervjuet ble gjennomført med 14 jevnaldrende elever fra en

bykommune i samme region. Data fra de to intervjuene fungerte som sentrale i utviklingen av kategorier (se analyse av empiri).

Det ble brukt en semistrukturert intervjuguide i intervjuet (se vedlegg 3). Elevene ble presentert for fire case og ulike artefakter (bilder, tekster og en brennende fyrstikk) i de ulike casene. Vosniadou, Skopeteli and Ikospentaki (2005) hevder at tilstedeværelsen av et artefakt hjelper - i hvert fall eldre barn – elevene til å utvikle en «indre konsistent vitenskapelig modell» av det som diskuteres. I de fire casene var det lagt opp til at elevene skulle anvende sin forståelse av stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner. I tillegg ble det lagt opp til at elevene skulle anvende naturvitenskapelige metoder som å lage hypoteser, foreslå forskningsdesign og tolke data i alle caser. Videre ble de i ett tilfelle bedt om å reflektere over forskningsdesign i et historisk perspektiv. Elevene ble utfordret på å anvende kunnskapen sin i nye kontekster som de ikke hadde møtt i undervisningen. Spørsmålene var av ulik vanskelighetsgrad, og hvis elevene sto fast skulle intervjuer følge opp med mer konkrete oppfølgingsspørsmål som var utførlig beskrevet i intervjuguiden (se vedlegg 3). Intervjuer skulle altså bidra med å få fram kunnskap hos elevene. I tillegg kunne det bli stilt oppfølgingsspørsmål for å klargjøre hva elevene mente med ulike utsagn. Elevuttalelsene ble ikke evaluert og det korrekte svaret ble ikke gitt. I analysen ble lengre sekvenser kodet, og dermed var ikke resultatet så avhengig av identiske spørsmålsstillinger.

3.6 Analyse av data

Teoretisk rammeverk som basis for analyse av data

I denne avhandlingen ble alt datamaterialet først grovkodet på basis av de fire «learning strands» (Duschl et al., 2007). Både analysen av kompetansemålene i læreplanen og av elevenes uttalelser om naturvitenskapens produkt og prosess var basert på Duschl et al. (ibid.) sine anbefalinger om å integrere produkt- og prosessperspektivene («learning strands») i naturfagundervisningen. Dette er derfor et felles teoretisk rammeverk for analyse av data i avhandlingen. Tabell 1 viser hvordan de fire «learning strands» var utgangspunkt for inndeling av hovedkategorier i de ulike artiklene. I alle artiklene ble disse kategoriene utgangspunkt for utvalg av data, som videre er analysert i underkategorier knyttet til taksonomisk nivå eller kvalitative nivåbeskrivelser.

Tabell 1: De fire «learning strands» slik de ble representert i de fire artiklene

Hovedkategorier	Artikkel I	Artikkel II	Artikkel III	Artikkel IV
Læringstråd 1: Forstå, bruke og tolke naturvitenskapelige forklaringer	X	X	X	
Læringstråd 2: Produsere og vurdere naturvitenskapelige forklaringer og evidens	X		X	
Læringstråd 3: Reflektere over hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles	X			X
Læringstråd 4: Delta produktivt i naturvitenskapelig praksis og diskurs	X			

Analyse av data fra læreplanen (artikkel I)

Analysen av den norske læreplanen i naturfag tok som nevnt sikte på å kategorisere alle kompetansemålene i ulike kompetanser knyttet til de fire «learning strands» (bredde), og i dybdekategorier knyttet til taksonomiske nivåer (dybde). Kun kompetansebeskrivelser knyttet til eksplisitte verb ble registrert. En svakhet ved denne måten å velge ut data på, er at det ikke kommer fram at forskjellige kompetansebeskrivelser kan ha forskjellig vekt. På den annen side er læreplanen i naturfag bygd opp slik at noen generelle kompetansebeskrivelser forekommer i hovedområdet *Forskerspiren*, gjentas under de andre hovedområdene. Dette gir til en viss grad kompensasjon for at de forskjellige kompetansebeskrivelsene har forskjellig vekt. Læreplananalysen gikk ut på å identifisere hver enkelt kompetanse som beskrives i hver eneste målbeskrivelse og sortere og framstille resultatene i to dimensjoner: bredde og dybde. Når vi skulle analysere kompetansemålenes bredde, ble kompetansemålene sortert i fire kategorier som var valgt på basis av de fire læringstrådene. Tabell 2 gir en oversikt over dette.

Tabell 2: Sammenhengen mellom kategorier og «learning strands»

Kategori:	Representasjon av:
Formidling (av begreper, modeller og teorier i naturvitenskapen)	«Learning strand» 1
Naturvitenskapelig arbeidsmåte	«Learning strand» 2
Naturvitenskapelig tenkemåte	«Learning strand» 3
Samhandling (prosesser som krever samhandling)	«Learning strand» 4

Alle kompetansebeskrivelser ble plassert i én av disse fire kategoriene. En nærmere beskrivelse med eksempler foreligger i artikkel I (Metode for analyse av læreplaner i naturfag). Et spørsmål en kan stille seg her er om disse kategoriene godt nok fanger opp og

skiller mellom de ulike produkt- og prosessperspektivene i naturvitenskapelig kompetanse. Jeg kommer tilbake til dette når jeg drøfter validiteten i studien. Ved nærmere ettertanke kunne en brukt egenutviklede kvalitative kategorier som likner de vi brukte i den longitudinelle studien for å få bedre fram de ulike kompetansene i naturfag. Et problem ved vår kategorisering er for eksempel at det ikke alltid bare er en læringstråd som kommer til uttrykk i et kompetansemål eller i en kompetansebeskrivelse.

Når vi skulle analysere kompetansemålenes dybde, måtte vi ta hensyn til at kompetansemålene i den norske læreplanen ofte er sammensatte og beskriver flere kompetanser. Vi valgte å studere verbene når vi skulle vurdere den kunnskapen eller den psykomotoriske ferdigheten som beskrives i et kompetansemål, men samtidig ta hensyn til at verbene ikke alltid er entydige. Det har betydning hvilken kontekst verbene står i, og konteksten indikerer dybden og kompleksiteten på de kognitive prosessene som finner sted. Derfor valgte vi å ta i bruk en modell (Depth-of-Knowledge, DOK) (Webb, 1997, 2002) som nettopp tar hensyn konteksten og kompleksiteten til aktiviteten og/eller tankeprosessen som beskrives. Dermed vil ikke nivåinndelingen gjøres kun på bakgrunn av verbet. En nærmere beskrivelse av DOK-nivåene er beskrevet i artikkel 1. Kompetansebeskrivelsene i læreplanen ble analysert i henhold til dybdenivåkategorier (DOK-nivå). DOK-nivået angis vanligvis på en firedelt skala (DOK1 - DOK4), der DOK4 beskriver de dypeste og mest komplekse kognitive og psykomotoriske prosessene. Enkelte kompetansebeskrivelser kan vanskelig plasseres i ett bestemt nivå fordi det vil avhenge av hvordan de tolkes. Dette var grunnen til at vi innførte kategoriene DOK1/DOK2, DOK2/DOK3 og DOK3/DOK4. Tolkingsutfordringen kunne for eksempel være at den psykomotoriske aktiviteten kunne utføres med forskjellig dybde og kompleksitet. Dermed ble læreplanen i naturfag analysert i henhold til sju dybdekategorier. Videre fant vi det nødvendig å innføre en ekstra kategori der vi har samlet kompetansebeskrivelser som er problematiske å plassere i et DOK-skjema. De er problematiske å plassere fordi kompetansebeskrivelsene er upresise. Disse er *samtale om resultatene, diskutere, stille spørsmål, filosofere, delta og bruke sansene*.

Analyse av data i den longitudinelle studien (artikkel II, III og IV)

I den longitudinelle studien var både elevenes uttrykte forståelse for stoffer, kjemiske reaksjoner (naturvitenskapelig produkt), naturvitenskapelig arbeidsmåter og refleksjoner

over disse (naturvitenskapelig prosess) av interesse. Elevene uttrykte forståelsen sin i ulike sammenhenger i løpet av undervisningsperioden (muntlige uttalelser i dialoger i klasserommet, i gruppediskusjoner og intervjuer). Dataene ble analysert i dataprogrammet *Transana*. Dette programmet spiller av og analyserer digitaliserte video- og lydfiler. Ved hjelp av programmet ble elevenes uttrykte forståelse av naturvitenskapelige produkt- og prosessperspektiver identifisert og kodet. Sekvenser som gav et kvalitativt uttrykk for elevenes faglige nivå ble valgt. Forståelsen ble deretter kodet i kategorier i form av nivåbeskrivelser (1 - 4). Nivåene er nærmere beskrevet i artikkel II, III og IV.

I artikkel II (Students' understanding of nature of matter and chemical reactions – a longitudinal study of conceptual restructuring) ble data knyttet til elevenes forståelse av stoffer og kjemiske reaksjoner i løpet av den toårige studien analysert. Datamengden var stor, og i hovedsak registrerte vi de fire elevenes uttalelser fra intervjuene etter hver periode samt i sluttintervjuet. Kun sitater fra undervisningen som direkte kunne knyttes til sitater fra intervjuene ble inkludert i studien. I analysen brukte vi nivåkategorier som gav kvalitative beskrivelser av elevenes forståelse av stoffer og kjemiske reaksjoner. Kategoriene er definert i forhold til forståelse og evne til å koble ideer på makro- og mikronivå, og er inspirert av nivåene i Smith et al. (2006) sin læringsprogresjon og kompetansemålene i den norske læreplanen i naturfag. Det ble på grunnlag av Talanquer (2009) sine beskrivelser av elevens utviklingstrekk (se side 25) utviklet detaljerte kategorier som tar utgangspunkt i bevegelse mot et avansert nivå. Tabell 3 gir en oversikt over hovedkategoriene som ble brukt for å analysere elevenes forståelse, og i vedlegg 4 foreligger en mer detaljert beskrivelse av kategoriene for forståelse av stoffer, (faseoverganger) og kjemiske reaksjoner. Sitater fra de fire elevene ble analysert i forhold til disse nivåene i hvert av intervjuene og i hver av casene i sluttintervjuet. I analysen indentifiserte vi sitater fra hver av elevene i intervjuene og casene i sluttintervjuet der de uttrykte dypest forståelse av stoffer og kjemiske reaksjoner.

Elevene i den longitudinelle studien fikk som nevnt anledning til å anvende sentrale naturvitenskapelige begreper og teorier om stoffer og stoffers endringer i ulike emner og i ulike situasjoner, samtidig som de lærte naturvitenskapelige arbeidsmåter. Noen arbeidsmåter, som å lage hypoteser, utarbeide forskningsdesign og tolke data ble langt hyppigere brukt enn andre. Siden datamaterialet som berører disse tre metodene var rikere

og siden de er representert i læreplanen, valgte vi å bruke disse dataene i artikkel III (Sammenhengen mellom naturvitenskapelig produkt og prosess - en studie av dialoger fra utforskende arbeid relatert til stoffer og stoffers endringer). I artikkel III ble alle sekvenser der fire fokuselever anvendte teorier og begreper om stoffer og stoffers endringer (når de laget hypoteser, foreslo forskningsdesign og tolket data) kodet og analysert. Elevenes forståelse av faseoverganger ble også inkludert i datamaterialet (i motsetning til i artikkel II). Videre ble elevenes uttalelser fra undervisningen inkludert, i tillegg til uttalelsene fra intervjuet. Vi fant det hensiktsmessig å undersøke elevenes koblinger mellom naturfagvitenskapelig produkt og prosess både i undervisningen mens de deltok i utforskende arbeidsmåter og i intervjuer. Sekvenser der de fire fokuselevne koblet produkt og prosess ble sortert etter naturvitenskapelig arbeidsmåte (Lage hypotese, Foreslå forskningsdesign, Tolke data) og kodet for nivå.

I tillegg til kategoriene for naturvitenskapelige begreper og teorier som ble brukt i artikkel II, ble det nå utviklet nivåkategorier (1 – 4) for naturvitenskapelige arbeidsmåter (se tabell 3). For å få et bilde av elevenes utvikling når det gjaldt naturvitenskapelig produkt og prosess, valgte vi å beregne et gjennomsnitt for elevenes forståelse både når det gjaldt produkt og prosess for hver av tre naturvitenskapelige arbeidsmåter i hver periode (Lage hypotese, Foreslå forskningsdesign, Tolke data).

I artikkel IV ble alle sekvenser der de fire elevene reflekterte over naturvitenskapelige arbeidsmåter (hypotesedanning, forskningsmetoder og hvorfor forskere sammenlikner data) identifisert, kodet for nivå og analysert. Sandovals fire epistemologiske perspektiver (Sandoval, 2005) ble definert som kategorier (tabell 3), og elevsitatene ble analysert i forhold til disse. Videre ble sitatene kodet og analysert i tre kvalitativt forskjellige epistemologiske kategorier fra en naiv Knowledge Unproblematic Epistemology (KUE), via et mellomnivå (INT) som beskriver overgangen mot en avansert Knowledge Problematic Epistemology (KPE) (se tabell 3).

Tabell 3: Kategorier for naturvitenskapelige begreper og teorier, naturvitenskapelige arbeidsmåter og refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter brukt i den longitudinelle studien

Naturvitenskapelige begreper og teorier (stoffer, kjemiske reaksjoner og faseoverganger) (læringstråd 1)			
Nivå			
1	Ingen forståelse (makro- og mikronivå)		
2	Vag forståelse (makronivå)		Viser ingen evne til å koble makroskopiske og mikroskopiske ideer
	Vag forståelse (mikronivå)		
3	God forståelse (makronivå)		Viser begrenset evne til å koble makroskopiske og mikroskopiske ideer
	God forståelse (mikronivå)		
4	God forståelse (makro- og mikronivå) (trenger veiledning)		Viser evne til å koble makroskopiske og mikroskopiske ideer
	God forståelse (makro- og mikronivå) (trenger ingen veiledning)		
Naturvitenskapelige arbeidsmåter (læringstråd 2)			
Nivå	Lage hypotese	Foreslå forskningsdesign	Tolke data
1	Har ingen forslag til hypotese eller forslaget er helt irrelevant. Hypotesen begrunnes ikke.	Har ingen eller helt irrelevante forslag til forskningsdesign.	Kobler i ingen eller svært liten grad det som observeres til relevant kunnskap.
2	Foreslår hypotese og er vagt inne på relevant kunnskap i forsøk på å begrunne hypotesen.	Er inne på relevante undersøkelsesmetoder og anvender til dels relevant kunnskap.	Kobler i noen grad det som observeres til relevant kunnskap.
3	Foreslår hypotese og klarer med hjelp å bruke relevant kunnskap til å begrunne hypotesen.	Foreslår relevante undersøkelsesmetoder og anvender med hjelp relevant kunnskap.	Kobler det som observeres til relevant kunnskap, men med hjelp.
4	Foreslår hypotese og bruker selvstendig relevant kunnskap til å begrunne hypotesen.	Forslår relevante undersøkelsesmetoder og anvender selvstendig relevant kunnskap.	Kobler selvstendig det som observeres til relevant kunnskap.
Refleksjon over naturvitenskapelige arbeidsmåter (læringstråd 3)			
Epistemologisk perspektiv			
1	Naturvitenskapelig kunnskap må betraktes som konstruert		
2	Naturvitenskapelige metoder kan arte seg svært forskjellige – avhengig av hva som skal undersøkes		
3	Naturvitenskapelig kunnskap er av forskjellige typer (teorier, lover, hypoteser)		
4	Kunnskapen vi har i naturvitenskapen er mer eller mindre sikker		
Kvalitativ beskrivelse av elevens epistemologiske ideer			
Knowledge Unproblematic Epistemology (KUE)	Elevene tror at kunnskap er sann og sikker og at naturvitenskapen er en samling sannheter om fenomener i naturen (hva som skjer) og konkrete framgangsmåter (hvordan ting skal gjøres). De differensierer ikke mellom naturvitenskapelige ideer, metoder og resultater.		
Intermediate (INT)	Elevene tror at naturvitenskapelig kunnskap består av en samling med testede ideer og at forskere gjør eksperimenter for å teste ideene for å se om de har rett og for å forkaste eller endre ideene hvis de finner ut at de tar feil. De har oppfatninger om både hypotesetesting og forklaringer, og skiller mellom vitenskapelige ideer, aktiviteter og resultater (hensikten med eksperimenter er å teste forskerens ideer; hensikten med en forklaring er å redegjøre for resultater fra eksperimenter). De differensierer ikke mellom hypoteser og teorier.		
Knowledge Problematic Epistemology (KPE)	Elevene forstår at kunnskapen vi har om verden er foranderlig og usikker og at naturvitenskapelig kunnskap består av godt utprøvde teorier om naturen. De vet at det finnes ulike naturvitenskapelige metoder. De betrakter en teori som en felles forståelsesramme for et sett av hypoteser som brukes for å forklare empiri. Elever ser på teorier som retningsgivende for alt utforskende arbeid: som å lage hypoteser, valg av metoder og tolke data. De differensierer mellom forskeres teorier og hypoteser		

3.7 Validitet og reliabilitet

Validitet og reliabilitet i kvalitativ forskning

Validitet og reliabilitet innen forskning handler om å vurdere påliteligheten i alle deler av forskningsprosessen, fra problemstilling og empirisk produksjon til analyse og presentasjon. Har problemstillingen avdekket det den tok sikte på, har dataproduksjonen gitt oss den dataen vi trenger for å belyse problemstillingen, og er analysene gjennomført på en pålitelig måte etter vitenskapelige kriterier? Validitet handler spesifikt om i hvilken grad resultatene fra en studie er gyldige, altså om metodene måler det som er tenkt å måle.

Begrepene validitet og reliabilitet har tradisjonelt vært mer sentrale i kvantitativ analyse enn i kvalitativt forskningsarbeid, og da knyttet til bestemte typer av validitets- og reliabilitetsmål. Kvale (1995) påpeker at kvalitative metoder ofte har blitt avfeid som «uvitenskapelige» nettopp fordi de ikke lar seg vurdere etter statistiske analysers validitetstester. Imidlertid har forskere som arbeider med kvalitativ metode vært skeptiske til å bruke statistikkens definisjoner av validitet og reliabilitet i kvalitative undersøkelser. Schwandt (1997) hevder at grunnen til denne skepsisen er at logikken bak slike tester sies å være basert på et realistisk-objektivistisk syn, hvor den sosiale verden sees på som noe objektivt målbart, og hvor sannheter om verden kan avdekkes mer eller mindre presist. Innenfor kvalitativ metode har det i stedet blitt regnet som sentralt å utvikle og drøfte hva som kan være fruktbare og presise validitetsspørsmål i kvalitative forskningsprosjekt. Johannesen, Tufte og Kristoffersen (2004) bruker med utgangspunkt i Guba og Lincoln (1989) begrepene pålitelighet, troverdighet og overførbarhet som alternativer til validitet og reliabilitet. I det følgende gir jeg en vurdering av hvert av disse tre punktene for det forskningsprosjektet som danner det empiriske grunnlaget for denne avhandlingen.

Pålitelighet

Pålitelighet dreier seg om dataenes kvalitet, om hvordan de er produsert og måten man samler inn dataene på og bearbeider disse på. Det er et internt spørsmål om nøyaktighet og om kvalitetskontroll av selve undersøkelsen, presentasjonene og tolkningen av resultatene. Det er av betydning at det blir brukt instrumenter som måler ensartede resultater. Forskningsinstrumentet i kvalitativ forskning er forskeren selv. Det nytter ikke bare å være

grundig, forsiktig og ærlig, men man må vise andre at man er det (Jacobsen, 2005). I kvalitativ forskning er det vanskelig å sikre høy pålitelighet. Det blir gjort mange tolkninger av observasjoner og tekster, og deltakerne kan lett påvirkes av situasjonen og av forskeren. I et intervju vil resultatene være avhengig av forholdet mellom intervjuer og intervjuobjekt, konteksten og tidspunktet. Dette gjør at det kan være vanskelig å få like resultater hver gang. Det er også vanskelig å observere og finne de samme dataene i to ulike undervisningssekvenser med tilsvarende samme innhold. Derfor er det nesten umulig for andre forskere å gjennomføre samme undersøkelse og få like resultater. Det er allikevel mulig å sikre god pålitelighet ved å planlegge metodene nøye. I vårt tilfelle imøtegikk vi dette ved at vi analyserte transkripter fra undervisningssekvensene og intervjuene på en bestemt måte, ved at intervju spørsmålene hadde klare og tydelige formuleringer og at vi var flere om å analysere resultater. Påliteligheten vurderes også ved at forskeren gjør grundig rede for datagrunnlaget. I kapittel 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 og 3.6 har jeg lagt grunnlag for slik pålitelighetsvurdering gjennom beskrivelser av selve intervusjonen, utvalget, metoder for innsamling av data og analysemetoder.

Troverdighet

Troverdighet handler om hvorvidt de data som er produsert måler det forskere tok sikte på å måle, altså om data evner å kaste lys over spørsmålene i problemstillingen. I følge Lincoln og Guba (1985) er det tre hovedtrusler mot etablering av troverdighet i kvalitativ forskning; *reactivity*, *researcher bias* og *respondent bias*. Under presenteres kort hva som ble gjort for å øke validiteten basert på Padgetts (1998) strategier for å redusere disse truslene.

Reactivity

Reactivity vil si at forskningen i seg selv påvirker det som studeres. Det er fullt mulig at individer forandrer atferd (som for eksempel innsats og muntlig aktivitet i undervisningen) når de blir klar over at de er deltagere i et eksperiment. Bruk av kvalitative forskningsmetoder kan bringe forskeren både fysisk og psykisk nærmere de personene som gjøres til gjenstand for forskning, enn det som er vanlig i forskning basert på spørreskjemaer og statistikk. Vi stilte for eksempel spørsmål til elevene både i undervisnings- og intervjusituasjoner. Videre ble mye av undervisningen videofilmet. En kan derfor ikke se bort fra at forskerne og datainnsamlingen på den måten kan ha påvirket elevenes læring.

Imidlertid ble risikoen for å påvirke elevenes adferd og uttalelser i klasserommet sannsynligvis lavere ved at vi var til stede i klasserommet over flere perioder.

Respondent bias

Respondent bias betyr at respondentene endrer eller holder tilbake informasjon. Imidlertid var vi til stede i klasserommet over flere perioder, og i løpet av disse periodene kan vi si at vi utviklet et tillitsforhold til elevene og læreren. Det er mye som tyder på at deltagerne følte seg viktige, og oppfattet oss som seriøse forskere. Dette kan redusere respondent bias, og igjen bedre troverdighet i våre data og tolkninger.

Research bias

Research bias vil si at forskernes holdninger, forventninger og førforståelse påvirker forskningens resultater. Det er nesten umulig å fjerne all bias (skjevhet) knyttet til dette i et forskningsprosjekt, siden det er så mange faktorer som spiller inn. I denne avhandlingen vil det bety at vår førforståelse og våre antakelser kan ha påvirket vår oppførsel, type spørsmål vi stilte, hva vi vektla i observasjonene og de dataene vi presenterte. Jeg har for eksempel jobbet som naturfaglærer både i den videregående skole og på høgskolen, og har derfor yrkeserfaringer fra kontekster som ikke er så ulik konteksten vi forsket i. Dette kan for eksempel ha påvirket måten vi stilte spørsmål på. Videre har forskerne i denne studien høy utdanning og kompetanse i de naturvitenskapelige produktene og prosessene vi ønsket at elevene skulle utvikle kompetanse i. Denne bakgrunnen kan ubevisst eller bevisst gitt oss høye forventninger til virkningen av intervensjonen (utforskende arbeidsmåter og progresjon). Denne forventningen og andre holdninger kan også ha påvirket kategoriene vi utarbeidet. Vi har for eksempel definert hva som er sentrale begreper og teorier innen naturvitenskapelig kompetanse, og i den forbindelse er såkalt *begrepsvaliditet* relevant. Begrepsvaliditet innebærer en drøfting om det teoretiske begrepet det tas sikte på å måle faktisk blir målt gjennom de operasjonaliseringer som er foretatt av det aktuelle begrepet eller fenomenet. Dette krever at begrepet eller begrepene som skal måles må avklares, det må operasjonaliseres i tema, underbegreper, utsagn eller spørsmål (Cook & Campbell, 1979). De teoretiske begrepene må med andre ord gjøres om til observerbare størrelser. I denne avhandlingen er flere sentrale begreper knyttet til undervisning i naturfag undersøkt. Et av de mest sentrale begrepene er naturvitenskapelig kompetanse, og dette er igjen forsøkt

operasjonalisert i temaer (de fire «learning strands») og underbegreper (kategoriene). Det å benytte andres begreper (for eksempel de fire «learning strands», epistemologisk forståelse osv.) i egen analyse, vil selv bidra til validitet gjennom at slike begreper ofte er utprøvd og validert.

En svakhet er likevel at vi har valgt kategoribeskrivelser ut fra de begrepene vi selv mener er viktige, samtidig som vi også har planlagt undervisningen og konstruert måleinstrumenter etter samme utvalgsriterier. Våre ønsker om endring i en bestemt retning kan også ha medvirket til tolkningen av elevsitatene. Vår forforståelse og kunnskap om feltet vi studerte kan ha ført til at vi gikk glipp av sentrale elementer ved elevenes kompetanse. I boken *An Invitation to Reflexive sociology* (Bourdieu & Wacquant, 1992) hevder Bourdieu at man må forsøke å bryte med dominerende forforståelser om det feltet man studerer. Evnen til *refleksivitet*, det vil si en systematisk og kritisk gjennomgang av egne tenkemåter, handlinger og praksis er sentral, og ble i vår studie imøtegått ved at vi forskere diskuterte våre forventninger og forforståelse ved utarbeidelse av intervjuguider, analysekategorier og i tolkningen av data. På den måten utviklet forskerne *intersubjektiv* enighet. Flere forskere (for eksempel Vaage, 1995) hevder at fravær av intersubjektiv enighet (om et resultat eller en teori) som oftest er tilstrekkelig til å frata resultatet eller teorien krav på objektivitet. Intersubjektiv enighet blant kompetente personer regnes ofte som en nødvendig betingelse for objektivitet i vitenskapelige sammenhenger, noen ganger som en tilstrekkelig betingelse. Den intersubjektive enigheten i denne avhandlingen kan derfor ha bidratt til å minske *Research bias*.

Research bias kan også ha blitt redusert ved at det ble gjort videoopptak av all undervisning og alle intervjuer. Ved å se og høre på video- og lydopptak kunne vi i ettertid spole tilbake og se sekvenser flere ganger. Vi kunne også reflektere over vår adferd i klasseromskonteksten sammen med lærer og elever. I transkriberingen av intervjuundersøkelsen ble det også tydelig hvor i intervjuene vi stilte ledende spørsmål. Denne åpne og rike fremstilling av dataene fra forskningsprosjektet vil være med på å minske *Research bias*.

Overførbarhet

Overførbarhet utgjør en parallell til det som i kvantitativ forskning kalles ekstern validitet. Et relevant spørsmål er om resultater fra denne avhandlingen kan overføres til andre liknende fenomener i en annen kontekst. I vår studie deltok kun fire elever fra en klasse, og data som er produsert er derfor nært knyttet til denne ene klassen og de fire enkeltelevne.

Generaliseringen av funnene våre kan ikke gjøres statistisk (slik det gjøres i kvantitative metoder), men heller begrepsmessig gjennom utvikling av analytiske begreper som kan ha overføringsverdi i andre liknende kontekster. Videre var målet med studien ikke generaliserbare funn, men å komme med så utfyllende beskrivelser av utvalget, undervisningsopplegget og analysen at funnene kan betraktes som hypoteser som andre selv kan vurdere om de vil teste.

3.8 Forskningsetiske problemstillinger

Forskerens tosidige rolle i implementering av praksis

Hvordan man skal handle moralsk forsvarlig og anstendig i en forskningssetting er avhengig av situasjonen. I følge Fog (1992) kan det for eksempel komme an på hvordan kontakten mellom forsker og forskerobjekt/person er, forskerens konkrete opplevelse av personens grenser, vurderingen av hans/hennes aktuelle livssituasjon, ressurser, skrøpelighet og robusthet – og det kan komme an på situasjonen som helhet. I denne avhandlingen er de forskningsetiske problemstillingene knyttet til involvering og samarbeid mellom partene (elever, lærere og forskere). Dette samarbeidet fører for eksempel til at de ulike gruppene blir deltakere i kunnskapsdannelsen på forskjellige måter. I et samarbeid mellom forsker og lærer vil forskeren ofte oppleve å ha en tosidig rolle. På den ene side er hun en veileder og en ekspert, som er etisk bundet til å gi klienten, i dette tilfellet læreren, gode råd og veiledning i praksissituasjonen. Forskeren kan møte situasjoner der det vil være etisk uforsvarlig å la være å bidra med sin ekspertise. På den andre siden må hun i rollen som forsker sørge for at forskningen får «implications beyond those for action or generation of knowledge in the domain of the project» (Eden & Huxham, 1996). Med andre ord må forskningsresultatene kunne generaliseres til andre grupper, i dette tilfellet andre klasser og elever, enn de det forskes på. Konflikten mellom disse to kravene kan komme til uttrykk i ulike former (Morton, 1999).

Teori og praksis

En etisk problemstilling Morton (1999) peker på er det at praktikerens kan oppleve forskeren som veldig teoretisk, og at det ikke finnes klare grenser på hvor teoretisk forskeren kan være i praktikerens arbeidstid. Teoretisk kunnskap oppleves ofte ikke så relevant for praktikerens i praksissituasjonen. Teori-praksis-kløften betegner det forhold at praksis i liten grad utnytter teori og forskningsbasert kunnskap. Forskeren blir ofte sett på som ekspert, og forskningen betraktes som atskilt fra dagliglivets realiteter (Hummelvoll, 2003). I den longitudinale studien var vi som forskere kontinuerlig bevisst på å formidle forkortede versjoner av relevant forskningsbasert kunnskap til læreren. Forskningsetiske retningslinjer (NESH, 2010) presiserer at forskningsmiljøene skal sørge for at vitenskapelig kunnskap skal formidles til et bredere publikum utenfor forskningsmiljøet (punkt 42), og at forskere har et krav om å tilbakeføre forskningsresultatene til læreren og skolen i en forståelig og forsvarlig form (punkt 47).

Forskerens rolle

Et annet dilemma Morton (1999) peker på er hvordan forskeren skal presentere seg i en intervensjonsstudie. I vårt tilfelle måtte vi velge mellom å presentere oss hovedsakelig som akademiske forskere (som tilfeldigvis også var veileder innen undervisning) eller hovedsakelig som praksisveiledere (som tilfeldigvis også hadde interesse i naturfagdidaktisk teori). Imidlertid er det slik at lærere kan være skeptiske til både akademikere og veiledere, og dette innebærer at uansett hvordan vi som forskere velger å presentere oss selv, kan vi bli møtt med skepsis. Det blir derfor svært viktig at forskeren tydeliggjør forskningens hensikt og metode overfor læreren i prosjektet. Forskningsetiske retningslinjer (NESH, 2010) presiserer nettopp at det er forskerens ansvar å fremtre med klarhet. Dette er omtalt under punkt 19, og her slås det fast at forskeren har et ansvar overfor deltakere i forskningen å forklare begrensninger, forventninger og krav som følger med rollen som forsker. Det påpekes blant annet at det er forskerens ansvar å tydeliggjøre grensene for forskningsrelasjonen i situasjoner hvor han opptrer med flere roller i forhold til informantene, og at det kan oppleves som tillitsbrudd om fortrolig informasjon innhentet gjennom parallelle roller, brukes til forskningsformål uten samtykke. I den longitudinale studien informerte vi lærer om at vi forskere fungerte både som veiledere og samarbeidspartnere i planlegging av undervisningen. I tillegg var vi tydelige på at vi skulle

bruke data fra undervisningen til å finne ut hvordan elever lærer naturfag. De forskningsetiske retningslinjer (NESH, 2010) presiserer i punkt 8 at de som er gjenstand for forskning skal få all informasjon som er nødvendig for å danne seg en rimelig forståelse av forskningsfeltet, av følgene av å delta i forskningsprosjektet og av hensikten med forskningen.

I punkt 9 (NESH, 2010) presiseres det videre at forskningsprosjektet kun skal settes i gang etter deltakernes informerte og frie samtykke, og at informantene har anledning til å avbryte uten at dette får negative konsekvenser for dem. Det så ut til at lærer hadde stor tillitt til informasjonen hun fikk av oss forskere, og forhåpentligvis lyktes vi i å tydeliggjøre grensene i forskningsrelasjonen. Det ble også innhentet skriftlig samtykke både fra foreldre og lærer. Der ble det informert om sentrale forhold, for eksempel om at videofilmene skulle lagres i etterkant av prosjektet. I de forskningsetiske retningslinjene for samfunnsvitenskap, juss og humaniora (NESH, 2010) påpekes det i punkt 12 at barn og unge som deltar i forskning har særlige krav på beskyttelse i tråd med deres alder og behov. I tillegg til foreldrenes samtykke så presiseres det at det skal gis alderstilpasset informasjon til barna, informasjon om at deltakelse er frivillig, og at de når som helst kan trekke seg fra prosjektet. Det påpekes at bruk av frivillig samtykke er mer problematisk ved forskning på barn enn på voksne, fordi barn ofte er mer villig til å adlyde enn det voksne er, og opplever ofte at de ikke kan protestere.

Dette var i høyeste grad en aktuell problemstilling i denne studien, da elevene ble observert og intervjuet i klasserommet der de faktisk var nødt til å oppholde seg. De kunne være usikker på forskeres sin rolle i klasserommet. For eksempel kunne de lure på om vi var medlærere eller forskere og i hvilken grad vi var en autoritet i forhold til læreren. Derfor prøvde vi å klargjøre overfor elevene at vi faktisk hadde begge rollene. Videre presiserte vi for dem at de kunne reservere seg mot å bli filmet eller la seg intervjuet. Med andre ord har hovedstrategien for å imøtegå etiske problemstillinger gått ut på å opparbeide tillitt til elever og lærere, og å være så åpen og tydelig som mulig i rollen som forsker og veileder.

4. Resultater

4.1 Oppsummering av artiklene

I de følgende avsnittene vil jeg gi korte sammendrag av artiklene i avhandlingen. Disse sammendragene har til hensikt å peke på funn fra artiklene som oppfattes som særlig relevant for de overordnede forskningsspørsmålene i avhandlingen. Imidlertid kan hver av artiklene betraktes som separate bidrag med egne forskningsspørsmål, og noen av disse funnene vil derfor også bli kommentert.

De fire artiklene blir presentert i kronologisk rekkefølge, og dette gjenspeiler prosessen i datainnsamling og analyse. Artikkel I ble skrevet først, og det teoretiske rammeverket anvendt i denne artikkelen ble deretter grunnlag for den longitudinale studien rapportert i artikkel II, III og IV. Videre følger artikkel III som en konsekvens av artikkel II, og arbeidet dokumentert i artikkel IV er en konsekvens av noen av resultatene i artikkel III og inkluderer også data fra denne artikkelen. Hver artikkel bidrar til en felles historie som kan knytte dem sammen.

Sammendrag av artikkel I

Holt, A & Øyehaug, A.B. Metode for analyse av læreplaner i naturfag – anvendt på den norske læreplanen (2010), *NorDiNa* 2 (6), 192-209

Teori og forskningsspørsmål

I denne artikkelen foreslår vi en metode for å analysere den norske læreplanen i naturfag i forhold til naturvitenskapens produkt- og prosessperspektiver (fire «learning strands») (Duschl et al., 2007) og taksonomi (Webb, 1997). Hensikten var å finne ut hvordan læreplanen i naturfag ivaretar helhetlig naturvitenskapelig kompetanse og allmenndannelse både når det gjelder bredde (helhetlig kompetanse) og dybde (taksonomisk nivå).

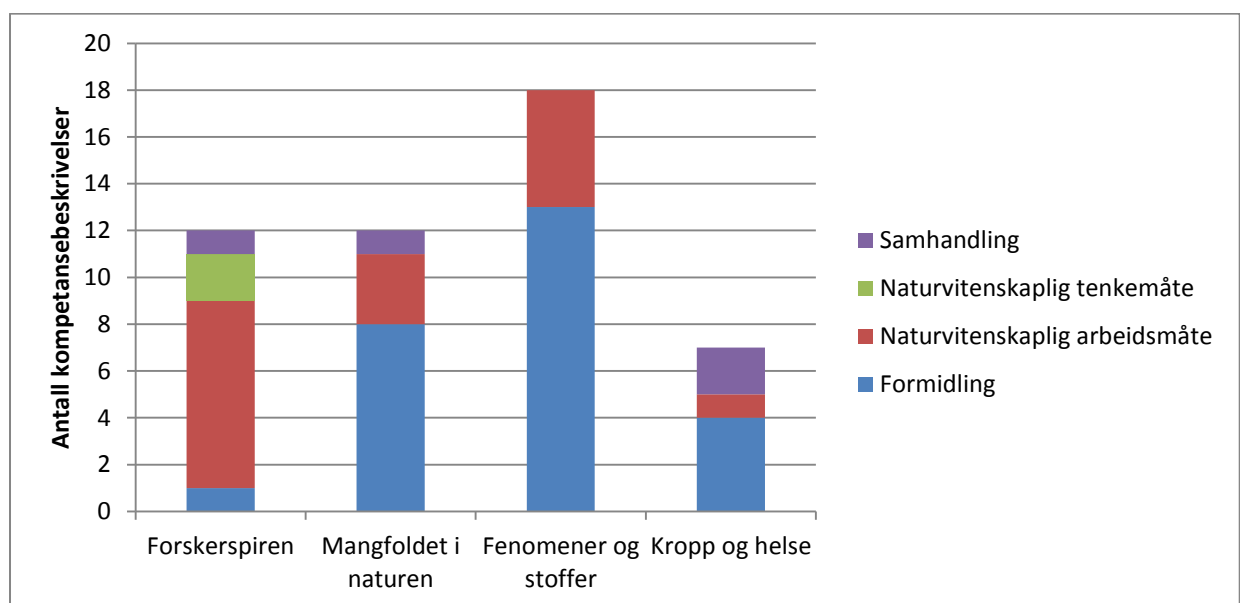
Metode

Det ble brukt fire bredde kategorier (*Formidling, Naturvitenskaplig arbeidsmåte, Naturvitenskapelig tenkemåte* og *Samhandling*) for å representere de fire «learning strands»

(Duschl et al., 2007) i naturfag. Videre ble det brukt sju dybde kategorier (DOK-nivå) for å vise kompetansebeskrivelsenes dybde og kompleksitet.

Resultat og diskusjon

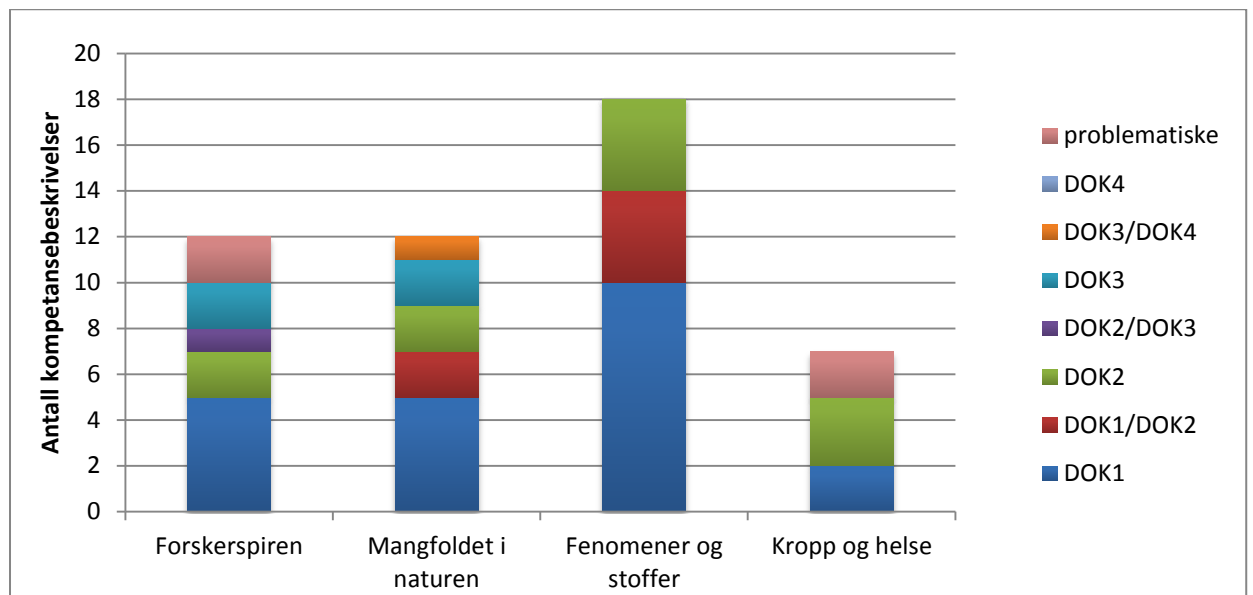
Resultatet viser at mer enn halvparten (55 %) av kompetansebeskrivelsene dreier seg om å formidle naturvitenskapelige begreper og teorier. Videre dreier drøyt en tredjedel (35 %) av kompetansebeskrivelsene seg om naturvitenskapelig arbeidsmåter. Bare 7 % av kompetansebeskrivelsene kan knyttes eksplisitt til samhandling og kun 3 % til den naturvitenskapelige tenkemåte. I figur 1 (basert på data i artikkelen) gis en oversikt over hvordan breddekategoriene er representert i de ulike hovedområdene på mellomtrinnet. Kompetansen formidling (av naturvitenskapelige teorier og begreper) er representert i alle hovedområdene, mens innslaget av naturvitenskapelig arbeidsmåte, ikke uventet, er størst i Forskerspiren. I hovedområdet Kropp og helse legges det derimot i liten grad opp til naturvitenskapelige arbeidsmåter.



Figur 2: Forekomsten av bredde kategorier i utvalgte hovedområder i læreplanen i naturfag for 5-trinn

Når det gjelder kompetansebeskrivelsenes dybde (med unntak av hovedområdet Verdensrommet) øker kompleksiteten oppover i klassetrinnene, dog i noe varierende grad. Figur 2 (basert på data i artikkelen) viser kompetansebeskrivelsenes dybde og kompleksitet (DOK-nivå) for mellomtrinnet. Figuren viser at Forskerspirens kompetansebeskrivelser har større kompleksitet enn områdene Kropp og helse og Fenomener og stoffer. I de to

sistnevnte hovedområdene befinner for eksempel ingen kompetansebeskrivelser seg så høyt som på DOK3-nivå.



Figur 3: Forekomsten av ulike DOK-nivåer i utvalgte hovedområder i læreplanen for 5-7 trinn

Analysen viser at den norske læreplanen bare til en viss grad oppfyller anbefalinger (Duschl et al., 2007) om hvordan naturvitenskap bør undervises.

Sammendrag av artikkel II

Øyehaug, A.B. & Holt, A. (2013). Students' understanding of nature of matter and chemical reactions - a longitudinal study of conceptual restructuring. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 450-467

Teori og forskningsspørsmål

I denne artikkelen blir elevenes forståelse av stoff og kjemiske reaksjoner («learning strand» 1) undersøkt i et longitudinelt perspektiv. Et perspektiv på konseptuell endring, definert som *conceptual restructuring* (Clark, 2006), brukes som teoretisk rammeverk i artikkelen.

Conceptual restructuring er i stort grad basert på de tidligere omtalte knowledge-as-elements perspektivene (diSessa, 2006; Linn, Eylon, & Davis, 2004) som ser på elevenes kunnskaper som en samling av mange kvasi-uavhengige elementer.

Metode

Elevene ble fulgt i to år, fra de var 10-11 år til de var 12-13 år. Undervisningen ble planlagt sammen med lærer, og det ble lagt vekt på progresjon av grunnleggende ideer knyttet til

stoffer og kjemiske reaksjoner, samt utforskende arbeidsmåter. Den uttrykte forståelsen til de fire elevene ble kodet systematisk. Elevenes uttalelser fra intervjuene etter hver periode samt sluttintervjuet ble kodet etter bestemte kategorier. I tillegg ble sitater fra undervisningen som direkte kunne knyttes til sitater fra intervjuene inkludert i studien.

Resultat og diskusjon

Allerede i løpet av den første perioden, og også gjennom hele studien, uttrykte de fire elevene ideer om at stoffer består av partikler som beveger seg. Fra og med den tredje undervisningsperioden uttrykte de seg også om kjemiske reaksjoner. Intervjuene avdekket at elevenes forståelse og læringsforløp kom til uttrykk på forskjellige måter. Det var eksempler på at elever uttrykte ufullstendige og uferdige kunnskapselementer. En av elevene (Anna) uttrykte for eksempel at lukt var noe som festet seg til partiklene.

Undervisningen vektla repetisjon, utvidelse og raffinering av begreper knyttet til stoffer og kjemiske reaksjoner, og det så ut til at elevene restrukturerte og omorganiserte sine kunnskapsstrukturer, for eksempel ved hjelp av *differensiering* (et begrep blir til to), *koalesens* (to ideer flettes sammen) og *promotering* (fremme en bestemt ide i mange sammenhenger). Videre var det flere eksempler på at elever uttrykte forståelse av stoffer og kjemiske reaksjoner ulikt i ulike kontekster. Basert på tidligere forskning (Taber, 2004; Özdemir & Clark, 2007) og med støtte i våre funn, bør læreplanen introdusere temaet stoffer i tidlig skolealder. Teorier og begreper om stoffer og kjemiske reaksjoner bør deretter repeteres i mange sammenhenger, slik at elevene får muligheter for å anvende, utvide og raffinere sin forståelse i mange kontekster i løpet av de neste skoleårene.

Sammendrag av artikkel III

Øyehaug, A.B. & Holt, A. (2013). Sammenhengen mellom naturvitenskapelig produkt og prosess - en studie av dialoger fra utforskende arbeid relatert til stoffer og stoffers endringer. *NorDiNa*, 9(1), 33-49

Teori og forskningsspørsmål

Denne artikkelen tar utgangspunkt i studier som har funnet at forståelse og forestillinger om naturvitenskapelige begreper og teorier har stor betydning for sentrale prosessaspekter som å generere hypoteser (Echevarria, 2003; Schauble, 1990), designe eksperimenter (Kuhn, et

al., 1995) og vurdere evidens (Amsel & Brock, 1996). I utforskende arbeid ser det dessuten ut til at resonneringsprosesser og begrepsforståelse er gjensidig avhengige av hverandre (Schauble, 1996). Hensikten med denne studien var å undersøke hvordan de fire elevene koblet naturvitenskapelige teorier og begreper (stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner) og naturvitenskapelige arbeidsmåter i de ulike undervisningsperiodene. I tillegg ønsket vi å finne ut hvilke støttestrukturer som fremmer slike koblinger.

Metode

Elevene ble fulgt i to år fra de var 10-11 år til de var 12-13 år. I undervisningen ble det lagt vekt på kobling av naturvitenskapelige begrep/teorier og utforskende arbeidsmåter. For å få et bilde av hvordan elever kobler produkt og prosess, ble alle sekvenser der fire fokuselever anvendte teorier og begreper om stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner i sammenheng med at de laget hypoteser, foreslo forskningsdesign eller tolket data kodet og analysert. Både data fra undervisning og intervjuer ble inkludert i studien.

Resultat og diskusjon

Studien viser flere eksempler på at elever kobler naturvitenskapelige begreper og teorier (stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner) og naturvitenskapelige arbeidsmåter (lage hypoteser, foreslo forskningsmetoder og tolke data) og at disse perspektivene støtter hverandre ved læring av naturfag. Evnen til å koble begreper og teorier til naturvitenskapelige arbeidsmåter var ulik hos de fire elevene og varierte fra en naturvitenskapelig metode til en annen. Elevene anvendte bare i noen grad naturvitenskapelige teorier og begreper når de foreslo forskningsdesign. Det samme gjaldt til en viss grad når de lagde hypoteser. Imidlertid skilte Anna seg positivt ut når det gjelder hypotesedanning. Hun formulerte gjennom alle periodene hypotesene sine etter en bestemt struktur (*Jeg tror at... fordi...*) som ble vektlagt i undervisningen. Elevene anvendte teorier og begreper om stoffers og stoffers endringer på et høyere nivå når de tolket data enn når de lagde hypoteser og foreslo forskningsdesign. Dette kan ha sammenheng med at elevene ofte ble bedt om prøve å forklare tolkningene sine.

I denne studien ser vi at elevenes forståelse av naturvitenskapens produkt kan påvirke elevenes kompetanse i naturvitenskapens prosesser i positiv retning. Videre ser det ut til at

utforskende arbeidsmåter vil kunne gi elevene flere anledninger til å utvikle forståelse for naturvitenskapelige teorier og begreper. Sitatene i denne studien viser at måten lærer eller intervjuer stilte spørsmål kunne bidra positivt til at elevene koblet naturvitenskapelig produkt og prosess. For å lykkes med å koble naturvitenskapelig innhold til arbeidsmåter er det viktig at lærer tilrettelegger for situasjoner som får elevene til å koble naturvitenskapelige arbeidsmåter og naturvitenskapelige teorier og begreper, blant annet gjennom å bruke maler og kriterier for vitenskapelige arbeidsmåter og ved å stille rike og relevante spørsmål. Slike tilrettelegginger kan defineres som støttestrukturer (Knain et al., 2011).

Sammendrag av artikkel IV

Øyehaug, A.B. & Holt, A. (2014). Elevers refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter. Akseptert for publisering 24. februar 2014. *Acta Didactica*

Teori og forskningsspørsmål

Denne artikkelen tar utgangspunkt i Sandovals (2005) forslag om å oppsummere elevers naturvitenskapelige epistemologi i fire punkter. I teoridelen blir Sandovals fire punkter koblet til elevers refleksjoner over hypotesedanning, forskningsdesign og hvorfor forskere sammenlikner resultater. Videre definerer Sandoval *praktisk epistemologi* som epistemologiske ideer som elevene anvender når de selv konstruerer naturvitenskapelig kunnskap gjennom utforskende arbeidsmåter. Hensikten med studien var å undersøke hvordan elevene utvikler sine refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter i en utforskende undervisningspraksis. Videre ønsket vi å undersøke i hvilken grad det var sammenheng mellom en utforskende undervisningspraksis og refleksjon over naturvitenskapelige arbeidsmåter.

Metode

Undervisningen ble planlagt sammen med lærer, og det ble lagt vekt på naturvitenskapelige arbeidsmåter og refleksjoner over disse. Elevene laget og testet hypoteser, deltok i utarbeidelse av forskningsdesign og de tolket data. De ble flere ganger i den toårige studien bedt om å reflektere over naturvitenskapens egenart. Helt konkret ble de spurt om hvorfor forskere lager og tester hypoteser, hva som kjennetegner vitenskapelige undersøkelser og

hvorfor forskere sammenligner resultater. Alle sekvenser der de fire fokuselever reflekterte over hypotesedanning, forskningsmetoder og hvorfor forskere sammenlikner data, ble kodet for nivå og analysert. Elevene ble fulgt i to år fra de var 10-11 år til de var 12-13 år.

Resultat og diskusjon

Resultatene viser at elevenes refleksjoner over naturvitenskapens egenart inneholdt flere elementer fra Sandovals fire hovedpunkter for naturvitenskapelig epistemologi. De fire elevene så for eksempel i ulik grad ut til å ha erkjent at hypoteser kan bidra til at naturvitenskapelig kunnskap blir mer sikker (pkt. 4, jfr. Sandoval, 2005). Et viktig funn var likevel at ingen av elevene i løpet av studien var i nærheten av et høyt refleksjonsnivå. Resultatene tyder på at elever som arbeider utforskende, ikke nødvendigvis utvikler bevissthet om naturvitenskapelig epistemologi. En årsak til dette kan ha vært at læreren ikke reflekterte over naturvitenskapelige arbeidsmåter på stadig mer sofistikerte måter underveis i periodene. For å få elever til å utvikle bevissthet om naturvitenskapelig epistemologi, kan det se ut til at læreren bør legge til rette for refleksjoner over utforskende arbeidsmåter underveis i et undervisningsforløp. Refleksjon over naturvitenskapelige arbeidsmåter og refleksjon over egen læring kan i større grad kobles sammen (jfr. praktisk epistemologi, Sandoval, 2005)

5. Diskusjon

I de følgende avsnittene blir de fem overordnede forskningsspørsmålene (se side 12 og 13) drøftet i lys av teorikapitlet og resultater fra de fire artiklene.

5.1 Realisering av elevers brede og dype kompetanse i naturfag

I denne avhandlingen ønsker jeg å finne ut hvordan den norske læreplanen i naturfag kan bidra til realisering av *bredden* (de fire «learning strands») og *dybden* (taksonomisk nivå) i elevens kompetanse (forskningsspørsmål 1). Videre ønsket jeg å undersøke hvordan elevenes forståelse for stoffer og kjemiske reaksjoner utvikler seg i undervisning som er preget av langsiktig planlegging (forskningsspørsmål 2), og hvordan elevene utvikler sine ferdigheter i og refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter i en utforskende undervisningspraksis (forskningsspørsmål 3). I drøftingen av disse tre problemstillingene, trekker jeg inn både funn fra læreplananalysen og resultater i form av elevenes uttrykte kompetanse fra den longitudinelle studien. Studien av elevers uttrykte kompetanse foregikk på mellomtrinnet, og derfor vil det være læreplanens kompetansemål fra 5-7. trinn som drøftes spesielt.

De fire «learning strands» på mellomtrinnet

I det følgende avsnittet starter jeg diskusjonen om hvordan læreplanen kan bidra til realisering av *bredden* og *dybden* i elevens kompetanse (forskningsspørsmål 1). I artikkel I ble det konkludert med at læreplanen bare til en viss grad oppfyller anbefalinger om å integrere de fire «learning strands» i undervisningen, altså *bredden* i læreplanen. For eksempel fant vi at hovedvekten av kompetansebeskrivelsene i læreplanen er på formidling («learning strand» 1) og bare 3 % på naturvitenskapelig metode.

I vedlegg 2 gis det en oversikt over hvilke kompetansemål som ble forsøkt oppfylt i den toårige studien. Elevens læreprosesser knyttet til kompetansemålene i *Fenomener og stoffer* (om stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner, «learning strand» 1) ble spesielt undersøkt i løpet av de to årene. For eksempel undersøkte vi mot slutten av studien elevenes evne til « å gjennomføre forsøk med kjemiske reaksjoner og forklare hva som kjennetegner disse reaksjonene». Dybden i elevenes forståelse av stoffer og kjemiske endringer kommenteres senere i dette avsnittet. Elevenes læreprosesser i

kompetansemålene i *Forskerspiren* ble også undersøkt, og det ble lagt opp til at elevene skulle nå disse målene ved å koble til kompetansemål i de andre hovedområdene (spesielt de som omhandler stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner). Elevene skulle for eksempel «... lage en plan for å planlegge undersøkelser» (*Forskerspiren*) i alle de større utforskende oppleggene som ble gjennomført. I artikkel I kodet vi denne målformuleringen som DOK3/DOK4 fordi det å planlegge undersøkelser i de fleste tilfeller vil kreve kompleks og sammensatt tenkning. Elevene laget også hypoteser som de undersøkte, og oppfylte dermed målformuleringen «å undersøke en selvformulert hypotese». I læreplananalysen valgte vi å kode denne som DOK 3 fordi hypotesedanning med påfølgende undersøkelse som oftest vil kreve strategisk tenkning. I den longitudinelle studien uttrykte elevene seg sjelden eller aldri på et høyt taksonomisk nivå når de laget hypoteser og foreslo forskningsdesign (artikkel III). Dette kan blant annet skyldes at kompetanser i disse arbeidsmåtene ofte vil kreve en type sammensatt og strategisk tenkning som elevene verken var spesielt moden for, eller hadde trent mye på. DOK kategoriene ble imidlertid ikke brukt i kodingen av de fire elevenes kompetanse i den toårige studien. For at elevene skulle oppnå høyt taksonomisk nivå innen naturvitenskapelige arbeidsmåter («learning strand 2», se tabell 3), ble det imidlertid krevd selvstendig bruk av relevant kunnskap, som betyr at elevene måtte ta i bruk nettopp sammensatt og strategisk tenkning.

Videre var det kun et kompetansemål i *Forskerspiren* på mellomtrinnet som ble kategorisert som naturvitenskapelig tenkemåte («learning strand» 3): «[...] elevene skal kunne forklare hvorfor det er viktig å lage og teste hypoteser ved systematiske observasjoner og forsøk og hvorfor det er viktig å sammenligne resultater». Læreplanens noe sparsommelige fremheving av naturvitenskapelig tenkemåte kan ha bidratt til at undervisningen ikke vektla dette perspektivet i særlig grad, og at de fire elevene dermed reflekterte relativt sjeldent om hypotesedanning og sammenlikning av forskningsresultater («learning strand» 3, artikkel IV). Videre var det ingen av elevenes som reflekterte over naturvitenskapens egenart (eller naturvitenskapens tenkemåte) på en avansert måte. Avanserte refleksjoner over naturvitenskapelige arbeidsmåter (se tabell 3), krever selvstendig bruk av relevant kunnskap, og elever må anvende sammensatt og strategisk tenkning. Som nevnt var elevene lite vant med å reflektere, og kanskje var ikke elevene kognitivt modne for slike tenkemåter.

Til slutt ivaretar *Forskerspiren* på mellomtrinnet samhandlingsperspektivet («learning strand» 4) gjennom formuleringen «samtale om resultatene». Denne formuleringen inngår i kompetansemålet «[...] eleven skal kunne formulere spørsmål om noe han eller hun lurer på, lage en plan for å undersøke en selvformulert hypotese, gjennomføre undersøkelsen og samtale om resultatet». I den longitudinelle studien ble dette ivaretatt ved at elevene deltok i samtaler før, under og etter små og store undersøkelser. Datamaterialet består nettopp av ulike typer samtaler mellom elever, mellom elever og lærer og mellom elever og forskere.

Kompetansemålene i *Forskerspiren* på mellomtrinnet samsvarer ganske godt med Duschl et al. (2007) sine anbefalinger om å integrere de fire «learning strands» i naturfagundervisningen (*bredde*). Kompetansemålene knyttet til stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner dreier seg derimot i hovedsak om formidling. Dette fokuset er i overensstemmelse med helheten i læreplanen i naturfag som ser ut til å ha mest fokus på elevenes formidling av naturvitenskapelige begreper og teorier («learning strand» 1, artikkel I). Resultater fra artiklene tyder også på at de fire elevene uttrykte forståelse for stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner oftere («learning strand» 1, artikkel II) og på et høyere taksonomisk nivå enn de lagde hypoteser, foreslo forskningsdesign, tolket data («learning strand» 2, artikkel III) og reflekterte over disse metodene («learning strand» 3, artikkel IV). Årsaken til at elevene viser god forståelse for naturvitenskapelige begreper og teorier kan forklares på mange måter. For eksempel er valgte vi å ikke kode kompetansemålene knyttet til stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner i læreplanen høyere enn DOK 2 (Artikkel 1, Utdanningsdirektoratet, 2006). Selv om elevene uttrykte seg selvstendig og utfyllende om stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner, innebærer ikke dette nødvendigvis bruk av strategisk og sammensatt tenkning. Imidlertid ble det som nevnt lagt vekt på at kompetansemålene knyttet til *Forskerspiren* skulle ivaretas i sammenheng med kompetansemålene knyttet til stoffer, kjemiske reaksjoner. På den måten fulgte vi intensjonene i læreplanen.

Læreplanen i naturfag for mellomtrinnet gjorde det altså mulig å integrere de fire «learning strands» i undervisningen. Videre ser det ut til at kompetansebeskrivelsene, i hvert fall i *Forskerspiren*, viser en viss grad av dybde og kompleksitet. I avhandlingen ønsket jeg også å undersøke hvordan elevene utvikler sin forståelse av stoffer og kjemiske reaksjoner i en

undervisning som er preget av langsiktig planlegging (forskningsspørsmål 2). For å kunne svare på dette vil jeg i det følgende avsnittet se nærmere på hvordan de fire elevene utviklet disse kompetansene i den longitudinelle studien.

Læringsprogresjoner for å oppnå dyp forståelse og komplekse ferdigheter

I artikkel II undersøkte vi hvordan elevenes forståelse for stoffer og kjemiske reaksjoner endret seg over tid. Som nevnt er elevenes uttrykte forståelse for stoffer og kjemiske reaksjoner definert som formidling av naturvitenskapelige begreper og teorier («learning strand» 1). Resultatene viste at elevene uttrykte relativt dyp forståelse for stoffer og kjemiske reaksjoner. Det var også indikasjoner på at studentene utviklet fragmentert og ufullstendig forståelse, og at de gjorde mer eller mindre gale konklusjoner som nødvendige trinn i læringsprosessen (artikkel II). Samtidig så det ut til at den fragmenterte og ufullstendige forståelsen faktisk kunne være viktige trinn på veien mot dypere forståelse. Sikorski og Hammer (2010) påpeker nettopp at ikke-korrekte ideer ofte har gitt opphav til naturvitenskapelige framskritt. Videre kan elevenes ikke-korrekte ideer være fornuftige når elever lærer naturfag (Strike & Posner, 1992). Det kan være viktige steg i elevenes konseptuelle omorganisering.

Sentrale ideer knyttet til stoffer og kjemiske reaksjoner ble uansett repetert, utvidet og foredlet over tid. En kan si at prinsippene bak læringsprogresjonen for stoffer på makro- og mikronivå utarbeidet av Smith et al. (2006) ble ivaretatt. En læringsprogresjon beskriver som nevnt på hvilken måte og i hvilken rekkefølge både innholdskomponentene og prosessaspektene bør organiseres for at elevene skal få en dyp og bred naturfaglig forståelse. Özdemir og Clark (2007) hevder at hvis elevens kunnskap består av fragmenterte elementer, så bør undervisningen fokusere på hvordan disse elementene aktiveres i relevante kontekster. I dette perspektivet så bør produktive undervisningsplaner konfrontere elever med det samme fenomenet i ulike sammenhenger. I studien i denne avhandlingen ble nettopp undervisning om stoffer og kjemiske reaksjoner koblet til biologiske fenomener som fotosyntese og fysiske fenomener som lyd, og elevene brukte ofte begreper og teorier om stoffer og kjemiske reaksjoner knyttet til biologiske fenomener. Årsaken til at alle fire elever uttrykte relativt dyp forståelse for stoffer og kjemiske reaksjoner i studien, kan knyttes til det at eleven fikk mange muligheter til å anvende, utvide

og forbedre forståelsen i ulike kontekster i løpet av den toårige studien. Den nasjonale læreplanen, lokale læreplaner og årsplaner bør derfor legge vekt på å repetere de samme fenomenene i ulike kontekster. Elevene i denne studien fikk slike muligheter.

Læringsprogresjonen som inspirerte den longitudinelle studien kan derfor sees på som et verktøy for å oppnå dyp forståelse for stoffer og kjemiske reaksjoner.

Videre er teori om stoffer og kjemiske reaksjoner ganske abstrakt for elevene. Taber (2004) hevder at det vil være fruktbart å utvikle slike abstrakte begreper over en lang tidsperiode. I følge Özdemir og Clark (2007) bør læreplanen fokusere mer på foredlingsprosesser, inkludert å legge til, modifisere, eliminere og organisere kunnskapselementene i elevens kunnskapsstrukturer over tid. Basert på tidligere forskning (Taber, 2004; Özdemir & Clark, 2007) og med støtte i våre funn, bør læreplanen introduserer stoffbegrepet på makronivå for yngre elever (for eksempel i 8-10 års alder). Det er mye som tyder på at den kinetiske partikkelmodellen for stoffer bør introduseres relativt kort tid etter dette, slik at elevene får muligheter for å anvende, utvide og raffinere sin forståelse i mange kontekster i løpet av de neste skoleårene.

Som nevnt anbefaler Duschl et al. (2007) at de fire «learning strands» veves inn i hverandre, og det går også an å se på læringsprogresjoner og læringstråder på en liknende måte. I den longitudinelle studien ble for eksempel partikkelmodellen introdusert som en grunnleggende ide i den første perioden og deretter repetert i de etterfølgende periodene, samtidig som undervisningen var preget av fire læringstråder (artikkel II, III og IV). I forrige avsnitt drøftet jeg hvordan en slik dyp forståelse kan oppnås blant annet ved å arbeide med begreper, modeller og teorier («learning strand» 1) på stadig mer avanserte måter. Dette perspektivet vil også innebære at de andre «learning strands» bør læres på stadig mer avanserte måter. Det vil innebære progresjon i naturvitenskapelige arbeidsmåter og tenkemåter, samt i produktiv deltakelse i de naturvitenskapelige arbeidsmåtene. Sikorski, Winters og Hammer (2009) argumenterer nettopp for en læringsprogresjon i utforskende arbeidsmåter der hovedhensikten var at elevene skulle utvikle avanserte ferdigheter i naturvitenskapelige arbeidsmåter. I det følgende vil jeg drøfte hvordan elever utvikler sine ferdigheter og refleksjoner over naturvitenskaper i en langsiktig, utforskende undervisningspraksis (forskningsspørsmål 3), samt igjen komme inn på hvordan den norske læreplanen kan bidra til realisering av elevens brede kompetanse i naturfag (forskningsspørsmål 1).

Elevene i vår studie deltok i naturvitenskapelige arbeidsmåter («learning strand» 2), men det var ikke åpenbare tegn på at de gjorde dette på stadig mer komplekse måter i den toårige perioden (artikkel III). Imidlertid deltok elevene mer selvstendig i utforskende arbeidsmåter i slutten av perioden. I det siste store utforskende arbeidet om sirkulasjonssystemet på 7. trinn, laget de egne forskningsspørsmål og hypoteser. I tillegg planla de sin egen undersøkelse og tolket egne data. Denne selvstendigheten innebærer en progresjon fra de tidligere utforskende arbeidsmåtene. Noen av diskusjonene i helklasse, og mange av gruppediskusjonene i dette arbeidet ble ikke filmet. Elevene skrev også rapporter fra dette utforskende arbeidet som ikke er inkludert i studien. Dette innebærer at enkelte data knyttet til elevenes kompetanseutvikling i utforskende arbeid ikke ble inkludert i artikkel III og IV. Selv om det kan se ut til at elevene ble mer selvstendige i å jobbe utforskende, kan en likevel stille spørsmål om vi i enda større grad burde tenkt gjennom hvilke ferdigheter og prosesser det ble jobbet med på hvert nivå slik at disse bygget på og støttet seg på det som ble gjort på tidligere nivåer.

Utforskende arbeidsmåter kan påvirke måten elevene tenker om naturvitenskapelige emner og om hva som kjennetegner naturvitenskapelige arbeidsmåter («learning strand» 3). Det vil være naturlig å inkludere refleksjoner over naturvitenskapelig kunnskap og arbeidsmåter i en læringsprogresjon som inkluderer utforskende arbeidsmåter. I vår studie ble det lagt til rette for at elevene skulle reflektere over naturvitenskapelige arbeidsmåter i alle periodene. Imidlertid reflekterte de fire elevene over naturvitenskapelige arbeidsmåter på et relativt lavt nivå, og heller ikke på stadig mer avanserte måter i løpet av perioden (artikkel IV). Som nevnt var det bare et kompetansemål i LK06 for mellomtrinnet som ivaretar naturvitenskapelig tenkemåte, nemlig «[...] elevene skal kunne forklare hvorfor det er viktig å lage og teste hypoteser ved systematiske observasjoner og forsøk, og hvorfor det er viktig å sammenligne resultater». Artikkel IV viser at det er utfordrende å få til progresjon knyttet til dette kompetansemålet. Dette er i tråd med Sandoval (2005) som hevder at svært få studier har lyktes med å få elever i grunnskolealder til å reflektere over naturvitenskapelig kunnskap og arbeidsmåter på et høyt nivå.

Hammer og Elby (2002) foreslår som nevnt at elevers epistemologiske forståelse (på samme måte som deres forståelse for naturvitenskapelige teorier), kan betraktes som en samling av

ideer (p-prims) som trigges i ulike kontekster. Sandoval (2005) argumenterer derfor for at elevenes epistemologiske ideer bør undersøkes mens de utfører ulike praksiser knyttet til utforskende arbeidsmåter. På den måten kan underliggende ideer aktiviseres og bearbeides mens elever for eksempel lager hypoteser og tolker data. I følge denne tankegangen bør undervisning om naturvitenskapelig epistemologi i likhet med undervisning om stoffer, faseoverganger og kjemiske reaksjoner fokusere mer på foredlingsprosesser, inkludert å legge til, modifisere, eliminere og organisere kunnskapselementene i elevens kunnskapsstrukturer over tid (Özdemir & Clark, 2007).

Funnene fra studien indikerer at målene i den norske læreplanen fremmer realisering av elevens naturfaglige kompetanse. De fire elevenes forståelse for stoffer og kjemiske reaksjoner ser ut til å være på et relativt høyt nivå. Elevene viste også at de hadde ferdigheter i naturvitenskapelige arbeidsmåter og at de kunne reflektere over disse, men på et lavere taksonomisk nivå enn de uttrykte forståelse for kjemiske reaksjoner. Mye tyder likevel på at elevene videreutviklet sin kompetanse i naturfag både når det gjaldt bredde (de fire «learning strands») og dybde (taksonomisk nivå).

5.2 Produkt- og prosessperspektiver støtter hverandre ved læring av naturfag

I studien har jeg også undersøkt hvordan delkompetansene (fire «learning strands») støtter hverandre ved læring i naturfag (forskningsspørsmål 4). Utforskende arbeidsmåter gjennomsyret de ulike undervisningsperiodene, og i forrige avsnitt kom det fram at elevene uttrykte og utviklet kompetanse både i «learning strand» 1, 2 og 3 i løpet av den toårige studien. Elevenes kompetanse i produktiv deltakelse («learning strand» 4) ble imidlertid ikke undersøkt i noen av artiklene. Imidlertid ble det i studien lagt til rette for at elevene fikk diskutere og formidle både naturvitenskapelige produkter og naturvitenskapelig prosess. Elevene deltok produktivt ved å kommunisere med hverandre og med læreren om naturvitenskapelige produkter og prosesser, og i artiklene ble elevenes uttalelser analysert i forhold til «learning strand» 1, 2 og 3 i en produktiv, samhandlende kontekst. Dette innebærer at elevene uttrykte og sannsynligvis også utviklet kompetanse i «learning strand» 4.

Det er det mye som tyder på at elevene har utviklet kompetanse i vid og dyp forstand, og at undervisningen har klart å legge opp til et skolefag de alle de fire «learning strands» ble flettet sammen. I studien har jeg også sett nærmere på hvordan naturvitenskapens produkt- og prosess perspektiver kan støtte hverandre når elever lærer naturfag, altså hvordan de fire læringstråder kan støtte hverandre i elevenes læringsprosesser.

For det første tyder resultatene i artikkel III på at undervisningen i de ulike periodene klarte å integrere begrepsforståelse («learning strand» 1), resonnering om naturvitenskapelige begreper og teorier ved hypotesedanning og tolking av data («learning strand» 1 og 2) og eksperimentelt arbeid («learning strand» 2). Lehrer, Scauble, Strom og Pligge (2001) hevder disse perspektivene er gjensidig avhengige av hverandre. Det så for eksempel ut til at elevenes evne til å lage hypoteser, å foreslå forskningsdesign og å tolke data («learning strand» 2) er avhengig av forståelse for relevante teorier og begreper («learning strand» 1). Elevene fikk for eksempel rikelige anledninger til å tolke data i ulike typer undersøkelser. Undersøkelsene ble gjennomført i nær tilknytning til undervisning om relevante begreper og teorier om stoffer og stoffers endring. Når elevene tolket data fra disse forsøkene brukte de ofte relevante naturvitenskapelige begreper. Det kan altså se ut til at elever må ha kompetanse i naturvitenskapelige teorier og begreper for å lage hypoteser, foreslå forskningsdesign og tolke data på en kvalitativt god måte. Funnene i artikkel III er i tråd med studier som viser at ferdigheter i naturvitenskapelige arbeidsmåter («learning strand» 2) i stor grad er påvirket av forståelse for naturvitenskapelige teorier og begreper («learning strand» 1) (Donnelly, 1987; Strang, Daniels, & Bell, 1991).

Det ser også ut til at ferdigheter i naturvitenskapelige arbeidsmåter («learning strand» 2) kan støtte elevenes læring av naturvitenskapelige begreper og teorier («learning strand» 1). For eksempel så det ut til at hypotesedanning («learning strand» 2) kalte fram relevante naturvitenskapelige teorier og begreper («learning strand» 1) som elevene var blitt kjent med i undervisningen. Echevarria (2003) og Schauble (1990) fant også at elevens produktforståelse i stor grad bidrar til deres ferdigheter i å generere hypoteser og omvendt.

I artikkel IV ble blant annet sammenhengen mellom utforskende arbeidsmåter («learning strand» 2) og elevenes refleksjoner over disse («learning strand» 3) undersøkt. Elevene brukte i noen tilfeller egne erfaringer med å lage hypoteser og utarbeide forskningsdesign

når de reflekterte over disse arbeidsmåtene. På den måten kan det se ut som at deltakelse i utforskende arbeidsmåter («learning strand» 2) kan støtte elevers bevissthet om naturvitenskapelig tenkemåte («learning strand» 3).

Ingen av dataene presentert i artiklene indikerte imidlertid at bevissthet om utforskende arbeidsmåter («learning strand» 3) støttet elevenes kompetanse i utforskende arbeidsmåter («learning strand» 2) og i naturvitenskapelige begreper og teorier («learning strand» 1). Andre studier har imidlertid vist at dette er mulig. I en studie uttrykte elevene langt mer sofistikerte tanker om naturvitenskapens egenart knyttet til egne læreprosesser («learning strand» 3) enn det som er vanlig for elever i samme aldersgruppe (Smith et al., 2000). Den metakognitive komponenten («learning strand» 3) var stor, men undervisningen var lagt opp slik at den støttet læring av naturvitenskapelige arbeidsmåter («learning strand» 2) og naturvitenskapelige teorier og begreper («learning strand» 1). I vår studie ble noen av prinsippene fra denne studien ivaretatt ved at elevene fikk foreslå ulike forklaringer (tolkninger av data) ved utforskning av naturvitenskapelige fenomener (artikkel III). Resultater fra artikkel IV viser at elevene ikke reflekterte over naturvitenskapelige arbeidsmåter («learning strand» 3) på særlig høyt nivå. Dette kan delvis skyldes elevenes kapasitet, men også at undervisningen la for lite vekt på refleksjoner underveis mens elevene deltok i utforskende arbeidsmåter. En slik vektlegging kunne i tillegg støttet elevenes læring av naturvitenskapelige teorier og begreper samt arbeidsmåter («learning strand» 1 og 2) (jfr. Smith et al, 2000).

Et annet sentralt spørsmål som denne avhandlingen ikke kan gi svar på er om elevenes produktiv deltakelse («learning strand» 4) i naturvitenskap kan ha støttet utvikling i de andre tre læringstrådene. Data knyttet til «learning strand» 4 ble som nevnt ikke analysert i noen av artiklene, men elevene diskuterte og formidlet naturvitenskapelige produkter («learning strand» 1) og de gjorde det samme mens de deltok i naturvitenskapelige arbeidsmåter («learning strand» 2 og 3). I den forbindelse er det relevant å henvise til Mortimer og Scott (2003) som hevder at måten læreren tilrettelegger dialogene på («learning strand» 4), kan støtte elevene i å utvikle forståelse for naturvitenskapelig produkt og prosess («learning strand» 1,2 og 3). De mener at dialoger kan bidra til både individuell meningsskapning ved at gamle og nye ideer rekonstrueres, og dialogisk meningsskapning ved at nye ideer gis et språk i sosial sammenheng. Dette perspektivet vil innebære at produktiv deltakelse i

naturvitenskapen («learning strand» 4) vil kunne bidra til økt kompetanse i de tre andre læringstrådene. Med andre ord har fremføringene, forskermøtene og diskusjonene («learning strand» 4) i vår studie sannsynligvis støttet elevenes læring av naturvitenskapens produkt og prosesser («learning strands» 1, 2 og 3).

5.3 Rammer og støttestrukturer ved utforskende arbeidsmåter

Denne avhandlingen skulle også undersøke hvilke støttestrukturer i utforskende arbeidsmåter som vil kunne bidra til utvikling av elevenes brede og dype kompetanse i naturfag (forskningsspørsmål 5). Etter å ha gjennomført flere studier av utforskende arbeidsmåter foreslår Knain, Bjønnes og Kolstø (2011) at det legges opp til tydelige rammer og støttestrukturer for elevene når de deltar i utforskende arbeidsmåter. De foreslår for eksempel tidsrammer, mal for planlegging og veiledning med informativ hinting som støttestrukturer og rammer som kan bidra til å utvikle elevenes metodekompetanse ved utforskende arbeidsmåter. I vår studie var det omfattende bruk av slike støttestrukturer, men i tillegg ble det hele tiden lagt vekt på kobling til naturvitenskapelige fenomener. Elevene ble for eksempel bedt om å begrunne hypoteser og tolkninger av data både i små og store utforskende arbeid (artikkel III). Bestemte formuleringer gitt til elevene bidro til at de begrunnet hypotesene og tolkningene sine, altså de koblet produkt til prosess. Slike formuleringer ble ikke vektlagt i samme grad når elevene skulle foreslå forskningsdesign. En annen støttestruktur var at elevene fikk beskjed om at teoridelen er nødvendig for å forklare resultatene fra forsøkene de hadde gjort. Med andre ord ble elevene bedt om å inkludere teori når de skulle drøfte resultatene og trekke konklusjoner i skriftlige rapporter og muntlige fremlegg. De fire elevene i studien kunne sannsynligvis laget hypoteser, foreslått forskningsdesign og tolket data på et høyere nivå hvis slike støttestrukturer hadde blitt vektlagt i enda større grad.

Knain, Bjønnes og Kolstø (2011) foreslår også støttestrukturer for utforskende arbeidsmåter som skal bidra til å utvikle naturvitenskapelig tenkemåte («hvorfør gjør forskere som de gjør»). De nevner for eksempel dialogiske forelesninger for læring av vitenskapsteoretisk kunnskap, konkretisering av ideer med elevens egne erfaringer og prøve i vitenskapsteoretisk kunnskap. Videre hevder Abd-El-Khalick (2013) at elever som er involvert i utforskende arbeidsmåter trenger direkte spørsmål og presiseringer for å kunne

reflektere over erfaringer og observasjoner og for å vurdere epistemologiske implikasjoner. I vår studie ble elevene bedt om å reflektere over hypotesedanning og reflektere over hvorfor forskere sammenlikner resultater både i undervisningen, på prøver og intervjuer (artikkel IV). Det var imidlertid ingen tydelig progresjon i lærerens vektlegging av refleksjoner over hypoteser, forskningsmetoder og sammenlikning underveis i perioden, og elevene fikk få konkrete spørsmål som utfordret dem til å anvende epistemologiske ideer mens de gjorde utforskende arbeid (jfr. praktisk epistemologi) (Sandoval, 2005).

Lærers evne til å styre dialogene kan også betraktes som en støttestruktur som vil kunne ha betydning for elevenes læring ved deltagelse i utforskende arbeidsmåter (Asay & Orgill, 2010; Haug, 2013; Minner et al., 2010). I dette perspektivet vil det svært viktig å stille elevene spørsmål som kobler produkt og prosess, både i undervisningen men også i intervjuene. I vår studie foregikk dialoger i klasserommet, for eksempel før og etter eksperimenter der det var naturlig å stille slike spørsmål. Haug (ibid.) understreker viktigheten av å utnytte læringssituasjonene, og i vår studie stilte både lærer og forskere spørsmål som hjalp elevene til å bruke teori når de tolket data fra eksperimenter og større utforskende arbeid.

Elevene anvendte grunnleggende ferdigheter når de skrev rapporter og i muntlige presentasjoner fra små og store utforskende arbeid. De måtte anvende skriftlige ferdigheter og digitale verktøy ved skriving av rapport, og de måtte regne når de laget søylediagram. Når de presenterte naturvitenskapelige fenomener og resultater fra undersøkelser, fikk de trent de muntlige ferdighetene. De leste om naturvitenskapelige fenomener og arbeidsmåter i læreboka og i autentiske tekster. Det at de grunnleggende ferdighetene ble vektlagt i de utforskende arbeidsmåtene, kan også sees på som en støttestruktur. Det sikret for eksempel at elevene anvendte begreper og ferdigheter knyttet til naturvitenskapens produkt og prosess.

5.4 Oppsummering av forskningsspørsmålene

Den norske læreplanen i naturfag for mellomtrinnet ser til en viss grad ut til å kunne bidra til realisering av elevens naturvitenskapelige kompetanse, og ble brukt som utgangspunkt i studien av elevers læreprosesser i naturfag. Som nevnt baserte undervisningen i denne studien seg også på de fire «learning strands», og var i tillegg inspirert av såkalte

læringsprogresjoner. For det første skulle elevene oppnå faglig bredde ved hjelp de fire «learning strands». Videre skulle de oppnå faglig dybde ved hjelp av utforskende og varierte arbeidsmåter, men også ved hjelp av læringsprogresjoner med beskrivelse av fruktbare veier som elevene kunne følge for å oppnå dyp forståelse av naturvitenskapelige produkter og prosesser. Elevene så ut til å ha ervervet seg relativt dyp og bred naturfaglig kompetanse mot slutten av den longitudinelle studien. Det at undervisningen var inspirert av læringsprogresjoner og gjennomsyret av støttestrukturer ved utforskende arbeid, kan ha bidratt til dette. Videre ser det ut til at læringstråder støtter hverandre, og dette kan også ha virket positivt på elevenes læringsutbytte.

5.5 Implikasjoner

Implikasjoner for undervisning

I en norsk stortingsmelding (UFD, 2008-2009) ble det påpekt at mange elever opplever ungdomstrinnet som for teoretisk og kjedelig. Mulige årsaker kunne være at undervisningen er preget av lite variasjon og at lærerne ikke i tilstrekkelig grad knytter undervisningen til forhold som er relevante i elevenes hverdagsliv. Med grunnlag i resultater fra vår studie på mellomtrinnet, kan det se ut til at naturfagundervisning basert på de fire «learning strands» vil sikre variert og relevant naturfagundervisning. Det er ikke bare kunnskap om naturvitenskapens produkter som er viktig i et allmenndannende perspektiv. Deltagelse i utforskende arbeidsmåter med autentiske problemstillinger vil kunne få betydning for elevenes evne til å delta i aktuelle samfunnsdebatter og øke deres samarbeidsevner. Videre kan «learning strands» sees på som verktøy eller en tilnærming for å ivareta perspektiver som variasjon, både for å nå ulike elever, men også gi dem allmenndannelse. Undervisning som er preget av de fire «learning strands» vil kunne dekke et vidt spekter av arbeidsmåter som har stort potensial til å nå mange elever.

I den longitudinelle studien var det for eksempel omfattende bruk av grunnleggende ferdigheter. Elevene skrev rapporter, laget søylediagram, fremførte forskningsresultater muntlig, leste autentiske tekster og brukte digitale verktøy. I den reviderte læreplanen i naturfag (Utdanningsdirektoratet, 2013) er alle de grunnleggende ferdighetene styrket. *Forskerspiren* har nå fått et hovedansvar for å vise utviklingen av ferdighetene i naturfag,

også de grunnleggende ferdighetene. Disse endringene vil kunne gjøre det enklere å arbeide integrert med naturvitenskapelige metoder og grunnleggende ferdigheter i naturfag. I dette perspektivet er det relevant å stille spørsmålet om det er realistisk å få landets naturfaglærere til å endre kurs når det gjelder måten de underviser naturfag på. Vil revisjoner i læreplanen, og resultater fra denne avhandlingen og liknende forskningsresultater få lærere på barnetrinnet til å anvende utforskende arbeidsmåter i undervisningen i stedet for å følge læreboka fra perm til perm?

Basert på resultatene i denne avhandlingen, så bør undervisning i naturfag konfrontere elever med det samme fenomenet i ulike sammenhenger, slik at elever får mange muligheter til å anvende, utvide og forbedre forståelsen i ulike kontekster. Den nasjonale læreplanen, lokale læreplaner og årsplaner bør derfor legge vekt på å repetere de samme fenomenene i ulike emner og situasjoner, gjerne med inspirasjon fra allerede utarbeidete læringsprogresjoner.

Mitt håp er at lærerne ser mulighetene ved læringsprogresjoner og læringsprogresjoner i stedet for begrensningene, og at denne avhandlingen kan inspirere lærere i planlegging av undervisningen og forskere som skal undersøke elevers læreprosesser i naturfag.

Implikasjoner for forskning

Resultatene i denne avhandlingen er ikke åpenbart generaliserbare. Imidlertid bidrar avhandlingen med så utfyllende beskrivelser av utvalg, undervisningsopplegg og analyse at funnene kan betraktes som hypoteser som andre selv kan vurdere om de vil teste. Mer konkret kan en si at konklusjoner basert på data knyttet til de fire elevenes læringsprosesser fungerer som hypoteser om hvordan elever lærer naturvitenskapens produkt og prosess i et langsiktig perspektiv.

Det dukker opp mange interessante problemstillinger knyttet til elevers læreprosesser i kjølvannet av disse hypotesene. Et relevant spørsmål som kan undersøkes nærmere er om elever som deltar i undervisning som er inspirert av læringsprogresjoner lærer mer enn de som ikke deltar i slik undervisning. For å undersøke dette nærmere, må en gjennomføre nye longitudinelle studier av læringsprogresjoner. En kan tenke seg både kvantitative og kvalitative studier av flere forhold ved slike læringsprogresjoner.

Ulike perspektiver ved utforskende arbeidsmåter undersøkes i flere forskningsprosjekter i Norge (Knain, 2013; Ødegaard, 2013). Denne avhandlingen bidrar med resultater knyttet til eleveres kobling av naturvitenskapelig produkt og prosess samt elevers naturvitenskapelig epistemologi i en utforskende kontekst. Et sentralt spørsmål i den sammenhengen er hvordan utforskende arbeidsmåter virker inn på elevenes læring av naturvitenskapelige begreper. For å finne ut dette, er det nødvendig med studier der elever deltar i utforskende arbeidsmåter. Datainnsamlingen kan for eksempel bestå av videopptak av elevene mens de deltar i ulike typer utforskende arbeidsmåter, og av eksperimentrapporter. En kan også undersøke nærmere hvordan produkt- og prosessperspektiver støtter hverandre i naturfagundervisningen, blant annet ved å utarbeide intervju guider som spesifikt prøver å fange opp dette. Et annet sentralt spørsmål er hvordan undervisningen bør legges opp for å få elevene til å reflektere over naturvitenskapelig kunnskap og vitenskapelige arbeidsmåter. Studier som spesifikt undersøker elevers epistemologi mens de utfører utforskende arbeidsmåter vil kunne gi data som kan belyse denne problemstillingen ytterligere. Til slutt vil det være ønskelig med studier av elevers læring i læringsprogresjoner.

I denne avhandlingen utviklet vi nye kategorier som ble benyttet i analysen av hvordan elever lærer naturvitenskapens produkt og prosess. Disse kategoriene kan videreutvikles og benyttes i nye forskningsprosjekter som belyser liknende perspektiver. Jeg håper at denne avhandlingen kan være med å inspirere til nye forskningsprosjekter knyttet til elevenes læreprosesser i naturfag. Spesielt i norsk kontekst er det mange ubesvarte problemstillinger i dette fagfeltet, og ny forskning her vil komme mange lærere og elever til gode i fremtiden.

Referanser

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education*, 22(9), 2087-2107.
- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *Science Education*, 88, 394-419.
- Ackenhausen, C. (2011). *Logg og prosessdokument som støttestruktur i utforskende arbeid*. (Master), Universitetet for miljø- og biovitenskap, Oslo.
- Almendingen, S. F., Tveita, J., & Klepaker, T. (2003). Natur- og miljøfag liv laga: en evaluering av natur- og miljøfaget etter Reform 97 *Høgskolen i Nesnas skriftserie* (Vol. 51).
- Alonzo, A., & Steedle, J. T. (2008). Developing and Assessing a Force and Motion Learning Progression. *Science Education*, 93(3), 389-421.
- Alvesson, M., & Sköldberg, K. (2008). *Tolkning och reflektion. Vetenskapsfilosofi och kvalitativ metod*. Lund: Studentlitteratur.
- Amsel, E., & Brock, S. (1996). The development of evidence evaluation skills. *Cognitive Development*, 11, 523-550.
- Andersen, R. C., Chinn, C., Chang, J., Waggoner, M., Yi, H. (1997). On the logical integrity of children's arguments. *Cognition and Instruction*, 15, 135-167.
- Arzi, H. J. (1988). From short to long-term: Studying science education longitudinally. *Studies in Science Education*, 15, 17-53.
- Asay, L., & Orgill, M. (2010). Analysis of essential features of inquiry found in articles Published in the *The Science Teacher*, 1998-2007. *Journal of Science Teacher Association*, 21(1), 57-79.
- Barnes, D. (2008). Exploratory talk for learning. In N. Mercer & S. Hodginson (Eds.), *Exploring talk in school*. London, UK.: Sage Publications Ltd.
- Bhaskar, R., & Danemark, B. (2006). Metatheory, interdisciplinarity and disability research – a critical realist perspective. *Scandinavian Journal of Disability Research*, 4(278-297).
- Bourdieu, P., & Wacquant, L. J. (1992). *An Invitation to Reflexive Sociology*. Cambridge: Polity Press.
- Brown, A. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of Learning Sciences*, 2, 141-170.
- Buch-Hansen, H., & Nielsen, P. (2005). *Kritisk realisme*. Fredriksberg: Roskilde Universitetsforlag.
- Carey, S. (1999). Sources of conceptual change. In K. Nelson & P. Mille (Eds.), *Conceptual development: Piaget's legacy*. Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Carey, S., & Smith, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28(3), 235-251.
- Carnap, R. (1956). The methodological character of theoretical concepts. In H. Feigl & M. Scriven (Eds.), *Minnesota studies in the philosophy of science: Vol 1. Foundations of science and the concepts of psychology and psychoanalysis*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chandler, M. J., Hallett, D., & Sokol, B. W. (2002). Competing claims about competing knowledge claims. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 145-168). Mahwah, NJ: L. Erlbaum.
- Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The Journal of the Learning Science*, 14(2), 161-169.
- Clark, D. B. (2006). Longitudinal conceptual change in students' understanding of thermal equilibrium: An examination of the process of conceptual restructuring. *Cognition and Instruction*, 24(4), 467-563.
- Clegg, S. (2005). Evidence-based practice in educational research: a critical realist critique of systematic review. *British Journal of Sociology of Education*, 3, 415-428.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. O. S. Scanlon, T (Ed.), *New directions in educational technology* (pp. 15-22). New York: Springer-Verlag.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.

- Cook, T. D., & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-Experimentation. Design and Analysis Issues for Field Settings*. Boston, MA: Houghton Mifflin Company.
- Cronon, W. J. (1999). HIV, Health, and Liberal Education. In D. Burns (Ed.), *How an Academic Focus on HIV/AIDS Will Improve Education and Health*. Washington, DC: Association of American Colleges and Universities.
- Davidson, R. M., Martinsons, M. G., & Koch, N. (2004). Principles of canonical action research. *Information Systems Journal*, 14, 65-86.
- Dey, I. (1993). *Qualitative data analysis: a user-friendly guide for social scientists*. London: Routledge.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105-225.
- diSessa, A. A. (2006). A history of conceptual change research: Threads and fault lines. In K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 265-281). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- diSessa, A. A., Elby, A., & Hammer, D. (2002). J's epistemological stance and strategies. In G. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds.), *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Donnelly, J. F. (1987). Fifteen-year-old pupils' variable handling performances in the context of scientific investigations. *Research in Science and Technological Education*, 5(2), 135-147.
- Driver, R. (1983). *The Pupil as a Scientist?* Milton Keynes: The Open University Press.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R., & Erickson, G. (1983). Theories-in-Action. Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual framework in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (1995). Students' conceptions and constructivist teaching approaches. In B. J. Fraser & H. J. Walberg (Eds.), *Improving Science Education*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (2007). *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington D.C.: The National Academies Press.
- Echevarria, M. (2003). Anomalies as a catalyst for middle school student's knowledge construction and scientific reasoning during science inquiry. *Journal of Educational Psychology*, 95, 357-374.
- Eden, C., & Huxham, C. (1996). Action Research for the study of organisations. In S. Clegg, C. Hardy & W. Nord (Eds.), *Handbook of Organization Studies*. Beverly Hills: Sage.
- Eskilsson, O., & Helldén, G. (2003). A longitudinal study on 10-12-year-olds' conceptions of the transformations of matter. *Chemistry education*, 4(3), 291-304.
- Felton, M. (2004). The development of argumentative discourse skills. *Discourse Processes* 32, 135-153.
- Fischler, H., & Lichtfeldt, M. (1992). Modern physics and students conceptions. *International Journal of Science Education*, 14(2), 181-190.
- Fog, J. (1992). Den moralske grund i det kvalitative forskningsinterview. In J. Fog & S. Kvale (Eds.), *Artikler om interviews*. Aarhus: Center for kvalitativ metodeudvikling, Psykologisk Institut, Aarhus universitet.
- Gagné, R. (1965). *The psychological basis of science - a process approach*. Washington: AAAS.
- Geertz, C. (1973). *The interpretation of Culture*. New York: Basic Books.
- Geier, R., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., & Clay-Chambers, J. (2008). Standardized Test Outcomes for Students Engaged in Inquiry-Based Science Curricula in the Context of Urban Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 922-939.
- Giere, R. N. (1991). Understanding and Evaluating Theoretical Hypothesis. In R. N. Giere (Ed.), *Understanding Scientific Reasoning*. Fort Worth: Hartcourth.

- Gleason, M. E., & Schauble, L. (2000). Parents' assistance of their childrens scientific reasoning. *Cognition and Instruction, 14*(4), 343-378.
- Grosslight, L., Unger, C. M., Jay, E., & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching, 28*, 799-822.
- Grønmo, L. S., Bergem, O. K., Kjærnsli, M., Lie, S., & Turmo, A. (2004). *Hva i all verden har skjedd i realfagene? Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2003*. Oslo: Universitetet i Oslo.
- Grønmo, L. S., & Onstad, T. (2008). *TIMSS 2007: Tegn til bedring?* Oslo: Unipub.
- Grønmo, L. S., Onstad, T., Nilsen, T., Hole, A., Aslaksen, H., & Borge, I. C. (2012). *Framgang, men langt fram. Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag TIMSS 2011*. Oslo: Unipub.
- Grønmo, S. (2004). *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Bergen: Fagbokforl.
- Guba, E., & Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth Generation Evaluation*. California: Sage publication.
- Gunstone, R. F. (1991). Reconstructing theory from practical experience. In B. E. Woolnough (Ed.), *Practical science* (pp. 67–77). Milton Keynes: Open University Press.
- Gunstone, R. F., & Champagne, A. B. (1990). Promoting conceptual change in the laboratory. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum* (pp. 159–182). London: Routledge.
- Hammer, D., & Elby, A. (2002). On the form of personal epistemology. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Haug, B. (2013). Inquiry-Based Science: Turning Teachable Moments into Learnable Moments. *Journal of Science Teacher Education*. doi: 10.1007/s10972-013-9375-7
- Hewson, P. W. (1982). A Case Study of Conceptual Change in Special Relativity: The Influence of Prior Knowledge in Learning. *European Journal of Science Education, 1*.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller and Clark. *Educational Psychologist, 42*(2), 99-107.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education, 22*, 85-142.
- Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (2002). *Personal epistemology: The psychology of belief about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of laboratory in school science: Neglected aspect of research. *Review of Educational Research, 52*(2), 201-217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundation for the Twenty-First Century. *Science Education, 88*, 28-54.
- Hummelvoll, J. K. (Ed.). (2003). *Kunnskapsdannelse i praksis. Handlingsorientert forsknings samarbeid i akuttpsykiatrien*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Iivari, J., & Venable, J. (2009). Action Research and Design Science Research - Seemingly similar but decisively dissimilar. *European Conference on Information Systems, 17*, 2-13.
- Ioannides, C., & Vosnadidou, S. (2002). The changing meaning of force. *Cognitive Science Quarterly, 2*, 5-61.
- Jacobsen, D. I. (2005). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Høyskoleforlaget.
- Johannesen, A., Tufte, P. A., & Kristoffersen, L. (2004). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Abstrakt forlag.
- Johnson, P. (1998). Children`s understanding of changes of state involving the gas state, Part 2: Evaporation and condensation below the boiling point. *International Journal of Science Education, 20*, 695-709.
- Johnson, P. (2000). Childrens` understanding of substances, Part 1: Recognising chemical change. *International Journal of Science Education, 20*, 697-709.

- Johnson, P. (2002). Children's understanding of substances, Part 2: Explaining chemical change. *International Journal of Science Education*, 24, 748-769.
- Keeves, J. P. (Ed.). (1998). *Methods and Process in Research in Science Education* (Vol. 2). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). The influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Kjærnsli, M., Lie, S., Olsen, R. V., & Roe, A. (2007). Resultater for naturfag, I: *Tid for tunge løft. Norske elevers kompetanse i naturfag, lesing og matematikk i PISA 2006*. (pp. 57 -76). Oslo: Universitetsforlaget.
- Kjærnsli, M., & Roe, A. (2010). På rett spor. Norske elevers kompetanse i lesing, matematikk og naturfag. Oslo: Universitetet i Oslo.
- Knain, E. (2013). ElevForsk. Retrieved 21.11, 2013, from <http://elevforsk.umb-sll.wikispaces.net/>
- Knain, E., Bjønnes, B., & Kolstø, S. D. (2011). Rammer og støttestrukturer i utforskende arbeidsmåter. In E. Knain & S. D. Kolstø (Eds.), *Elever som forskere i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kolstø, S. D. (2006). Et allmenndannende naturfag. Fagets betydning for demokratisk deltakelse. *NorDiNa*, 5, 82-99.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., & Andersen, C. (1995). Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development, Serial No. 245*(60 (4)).
- Kuhn, D., & Leadbeater, B. (1988). The connection of theory and evidence. The interpretation of divergent evidence. In H. Beilin, D. Kuhn, E. Amsel & M. O'Loughlin (Eds.), *The development of scientific thinking skills*. St. Louis, Mo: Academic Press.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kvale, S. (Ed.). (1995). *Issues of validity in qualitative research* Lund: Studentlitteratur.
- Lau, F. (1999). Toward a framework for action research in information systems studies. *Information Technology & People*, 14(1), 46-59.
- Leach, J., & Scott, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science & Education*, 12(1), 91-113.
- Lederman, N. G., Abd-el-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learner's conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497 - 521.
- Lehrer, R., Schauble, L., Strom, D., & Pligge, M. (2001). Similarity of form and substance: Modeling material kind. In I. D. Klahr & S. Carer (Eds.), *Cognition and instruction: 25 years of progress* (pp. 39-74). NJ: Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Lie, S., Kjærnsli, M., Roe, A., & Turmo, A. (2001). *Godt rustet for framtida? Norske 15-åringers kompetanse i lesing og realfag i et internasjonalt perspektiv*. Oslo: Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, Calif.: Sage.
- Linn, M. C., Eylon, B., & Davis, E. A. (2004). The Knowledge Integration Perspective on Learning. In M. C. Linn, B. Eylon & E. A. Davis (Eds.), *Internet environments for science education*. Mahwah: NJ Lawrence Erlbaum.
- Longino, H. E. (1990). *Science as social knowledge*. Princeton: Princeton University Press.
- Longino, H. E. (2002). *The fate of knowledge*. Princeton: Princeton University Press.
- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory, and practice. In N. Lederman & S. Abel (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 393-441). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 41 - 52). Dordrecht: Kluwer.

- McNiff, J., & Whitehead, J. (2013). *Action Research - Principles and Practice* (Third ed.). New York: Routledge.
- McRobbie, C., Roth, W. M., & Lucas, K. B. (1997). Multiple learning environments in a physics classroom. *International Journal of Science Education*, 27, 333-342.
- Meheut, M., & Chomat, A. (1990). Les limites de l'atomisme enfantin: Experimentation d'une demarche d'elaboration d'un modele particulaire par des eleves de college (The limits of childhood atomism: Experimenting with involving eight grader students in elaborating on a particulate model). *European Journal of Psychology of Education*, 4, 417-437.
- Mercer, N. (1995). *The Guided Construction of Knowledge*. Philadelphia: Multilingual Matters LTD.
- Mercer, N., & Littleton, K. (2007). *Dialogue and the development of children's thinking: A sociocultural approach*. London, UK: Routledge.
- Millar, R. (2010). Practical work. In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching. What research has to say*. Maidenhead: Open University Press.
- Millar, R. (Ed.). (1989). *Doing Science. Images of Science in Science Education*. London: The Falmer Press.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, G. (2010). Inquiry-based science instruction - What is it and does it matter? Results from a research synthesis year 1984-2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. Maidenhead, Philadelphia: Open University Press.
- Morton, A. (1999). Ethics in Action Research. *Systemic Practice and Action Research*, 12(2), 219-222.
- NESH. (2010). Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap, humaniora, juss og teologi. 4.
- Nordby, M. S. (2010). *Bruk av dataspill i naturfag - underholdning eller læring?* (Master), Universitetet for miljø- og biovitenskap, Oslo.
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross age study. *Science Education*, 65, 187-196.
- Osborne, J. F., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "Ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Padgett, D. K. (1998). *Qualitative methods in social work research challenges and rewards*. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications.
- Papageorgiou, G., & Johnson, P. (2005). Do particle Ideas Help or Hinder Pupils' Understanding of Phenomena? . *International Journal of Science Education*, 27(11), 1299-1317.
- Penner, D. E., Giles, N. D., Lehrer, R., & Schauble, L. (1997). Building functional models: Designing an elbow. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 125-143.
- Perner, J. (1991). *Understanding the representational mind*. Cambridge, MA: Bradford Books/MIT Press.
- Perry, W. (1970). *Forms of intellectual and ethical development in the college years*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Peters, E., & Kitsantas, A. (2010). The effect of nature of science metacognitive prompts on science students' content and nature of science knowledge, metacognition, and self-regulatory efficacy. *School Science and Mathematics*, 110(8), 382-396.
- Pontecorvo, C., Girardet, H. (1993). Arguing and reasoning in understanding historical topics. *Cognition and Instruction*, 11, 365-395.
- Popper, K. (1972). *Objective knowledge: An evolutionary approach*. Oxford: Oxford University Press.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 2.
- Postholm, M. B. (2010). *Kvalitativ metode: en innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Ramian, K. (2007). *Casestudiet i praksis*. Århus: Academica.
- Robson, C. (2002). *Real world research: A resource for social scientists and practitioner-researchers*. Oxford: Blackwell.

- Rocard, M. p. (2007). Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Rudolph, J. L. (2005). Epistemology for the masses: The origins of the "scientific method" in American schools. *History of Education Quarterly*, 45(2), 341-376.
- Salinas, I. (2009). *Learning progressions in science education: Two approaches for development*. Paper presented at the Learning Progressions in Science, Iowa City, I.A.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(634-656).
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345-372.
- Sandoval, W. A., Reiser, B.J. (2004). Explanation-driven inquiry. Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345-372.
- SAPA. (1967). Science - A Process Approach. Washington: The American Association for the Advancement of Science.
- Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49(1), 102-119.
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology*, 32(1), 102-119.
- Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R., Schulze, S., & John, J. (1995). Students' understanding of the objectives and procedures of experimentation in the science classroom. *Journal of the Learning Sciences*, 4(2), 131-166.
- Schmidt, W., Jorde, D., Cogan, L. S., Barrier, E., Gonzalo, I., & Moser, U. (1996). *Characterizing Pedagogical Flow*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Schoultz, J. (2000). *Att samtala om/i naturvetenskap. Kommunikasjon, kontekst og artefakt*. Linköping: Filosofiska fakulteten Linköpings Universitet.
- Schwarz, C., Reiser, B., Fortus, D., Krajcik, J., Roseman, J. E., Willard, T., & Acher, A. (2008). *Designing and testing the MoDeLS learning progression*. Paper presented at the Conference of the National Association for Research in Science Teaching, Baltimore.
- Schwarz, C., & White, B. (2005). Meta-modeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.
- Science. (1974). Science 5/13. London: Scottish Education Department, MacDonald.
- Scott, P., & Leach, J. (1998). Learning science concepts in the secondary science classroom. In M. Ratcliffe (Ed.), *ASE Guide to Secondary Science Education* (pp. 59-66). Cheltenham: Stanley Thornes.
- Scott, P. H., Asoko, H. M., & Driver, R. H. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies. In R. Duit, F. Goldberg & Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies: Proceedings of an International Workshop*.
- Swandt, T. (1997). *Qualitative Inquiry. A Dictionary of Terms*. California: Sage Publications.
- Sikorski, T. F., & Hammer, D. (2010). A critique of how learning progression research conceptualizes sophistication and progress. *ILC '10 Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences*, 1.
- Sikorski, T. R., Winters, V., & Hammer, D. (2009). *Defining learning progression for scientific inquiry*. Paper presented at the Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference, Iowa City, IA.
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse en kritisk fagdidaktikk* (3. utg. ed.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Smith, C., Maclin, D., Houghton, C., & Hennessey, M. G. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science. The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18(3), 349-422.
- Smith, C., & Wenk, L. (2006). Relations among three aspects of first-year college students' epistemologies of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(8), 747-785.

- Smith, C., Wiser, M., Andersen, C. W., Krajick, J., & Coppola, B. (2006). Implications of research on children's learning for assessment: Matter and atomic molecular theory. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 14(1 & 2), 1-98.
- Solerød, E. (1994). *Pedagogiske grunnproblemer i historisk lys*. Oslo: Tano Aschehoug.
- Southerland, S. A., Abrams, E., Cummins, C. L., & Anzelmod, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena. Conceptual frameworks or p-prims. *Science Education*, 85, 311-327.
- Strang, S., Daniels, S., & Bell, J. (1991). *Assessment Matters No.6: Planning and Carrying out Investigations*. London: School Examinations and Assessment Council.
- Strike, K. A., & Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamiltin (Eds.), *Philosophy of science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice* (pp. 211-231). New York: Academic.
- Suppe, F. (1989). *The semantic conception of theories and scientific realism*. Chicago: University of Illinois Press.
- Susman, G. D., & Evered, R. D. (1978). An assesment of the scientific merits of action research. *Administrative Science Quarterly*, 23, 582-603.
- Taber, K. S. (2004). Learning quanta: Barriers to stimulating transitions in students understanding of orbital ideas. *Science Education*, 89, 94-116.
- Talanquer, T. (2009). On Cognitive Constraints and Learning Progression: The case of "structure of matter". *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123-2136.
- Tanner, K., & Allen, D. (2005). Approaches to Biology Teaching and Learning: Understanding the Wrong Answers – Teaching Towards Conceptual Change. *Cell Biology Education*, 4(2), 112-117.
- Teichert, M. A., Tien, L. T., Anthony, S., & Rickey, D. (2008). Effects of Context on Students' Molecular-Level Ideas. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1095-1114.
- Thagaard, T. (2009). *Systematikk og innlevelse : en innføring i kvalitativ metode*. Bergen: Fagbokforl.
- Tiller, T. (2004). *Aksjonsforskning - i skole og utdanning*. Oslo: Høyskoleforlaget.
- Tveita, J. (2003). Frå teori til praksis. Konstruktivistiske metodar i klasserommet. In D. Jorde & B. Bungum (Eds.), *Naturfagdidaktikk: Perspektiver Forskning Utvikling*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- UFD. (2008-2009). Stortingsmelding nr 44. Utdanningslinja. Oslo: Utdannings- og forskningsdepartementet.
- Utdanningsdirektoratet. (2006). Læreplan i naturfag. Retrieved 14.02, 2013, from <http://www.udir.no/kl06/NAT1-02/>
- Utdanningsdirektoratet. (2013). Læreplan i naturfag. Oslo: Utdanningsdirektoratet Retrieved from <http://www.udir.no/kl06/NAT1-03/Hele/Formaal/>.
- Vaage, S. (1995). *Handling og sosialitet. G.H Mead om utdanning og sosialisering*. (Doktorgradsavhandling), Oslo.
- Vosniadou, S., Skopeliti, I., & Ikospentaki, K. (2005). Reconsidering the Role of Artifacts in Reasoning: Children's Understanding of the Globe as a Model of the Earth. *Learning and Instruction*, 15, 333-351.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and Language*. Cambridge MS: The Massachusetts Institute of Technology.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 177-210). New York: Simon & Schuster Macmillan.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 54(4), 5-23.
- Webb, N. L. (1997). *Criteria for alignment of expectations and assessments in mathematics and science education*. (Education Research Monograph), University of Wisconsin, Wisconsin Center, Madison.

- Webb, N. L. (2002). Depth of knowledge levels for four content areas. from http://www.bullittschools.org/tis/curriculumMap/DOK/DOK_ContentAreas.pdf
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and Literacy in Science Education*. Buckingham: PA: Open University Press.
- Wertsch, J. W. (1991). *Voices of the Mind: A Sociocultural Approach to Mediated Action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- White, R. T. (Ed.). (2001). *The Revolution in Research on Science Teaching*. New York: MacMillan.
- Wiser, M., & Amin, T. (2001). Is that hot? Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on the thermal phenomena. *Learning and Instruction, 11*, 331-355.
- Wiser, M., Smith, C., & Doubler, S. (2012). Learning Progressions as Tools For Curriculum Development. In A. Alonzo & A. Gotwals (Eds.), *Learning Progressions in Science* (pp. 359-403): SensePublishers.
- Wiser, M., & Smith, C. L. (2009). *How does cognitive development inform the choice of core ideas in the physical sciences?* Paper presented at the NRC Conference, Washington DC.
- Wiser, M., Smith, C. L., Doubler, S., & Asbell-Clarke, J. (2009). *Learning progression as tools for curriculum development. Lessons from the Inquiry Project*. Paper presented at the Learning Progressions for Science, Iowa City, IA.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry, 17*, 89-100.
- Wu, H. K., & Wu, C. L. (2011). Exploring the Development of Fifth Graders' Practical Epistemologies and Explanation Skill in Inquiry-Based Learning Classrooms. *Research in Science Education, 41*, 319-340.
- Yacoubian, H. A., & BouJaoude, S. (2010). The effect of reflective discussions following inquiry-based laboratory activities on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(10), 1229-1252.
- Ødegaard, M. (2013). Forskerføtter og leserføtter. Retrieved 21.11, 2013, from <http://www.naturfagsenteret.no/c1405591/prosjekt/vis.html?tid=1512163>
- Ødegaard, M., & Arnesen, N. (2010). Hva skjer i naturfagklasserommet? Resultater fra en videobasert klasseromsstudie. *NorDiNa, 6*(1), 16-32.
- Øyehaug, A. B., & Holt, A. (2013). Students' understanding of nature of matter and chemical reactions - a longitudinal study of conceptual restructuring *Chemical Education Research and Practice, 14*, 450-467. doi: DOI: 10.1039/C3RP00027C
- Özdemir, G., & Clark, D. B. (2007). An overview of Conceptual Change Theories. *Science & Technology Education, 3*(4), 351-361.