

Anne Holt er førsteamanuensis i naturfagdidaktikk ved Avdeling for lærerutdanning og naturvitenskap, Høgskolen i Innlandet. Hennes forskningsinteresser er kreative arbeidsmåter i naturfag og dybdelæring og progresjon i elevers fysikk- og kjemiforståelse. Hun har gjennomført intervensjonsstudier i grunnskolen.

Anne Bergliot Øyehaug er førsteamanuensis i naturfagdidaktikk ved Avdeling for lærerutdanning og naturvitenskap, Høgskolen i Innlandet. Hennes forskningsinteresse er elevers læreprosesser i naturfag (utforskende arbeidsmåter, begrepslæring og progresjon). Hun har også gjennomført flere intervensjonsstudier i grunnskolen og skrevet en PhD om progresjon og utforskende arbeidsmåter i naturfag.

ANNE HOLT

Høgskolen i Innlandet, Norge
anne.holt@inn.no

ANNE BERGLIOT ØYEHAUG

Høgskolen i Innlandet, Norge
Anne.oyehaug@inn.no

Bruk av metaforer om kjemiske bindinger i kreativ skriving

Abstract

The basis for this study is to use students' creative texts in science as a mean to gain insight into their conceptual ideas. Eight grade students' creative writing tasks (n = 26) were analyzed with respect to the conceptual metaphors that were used to describe the abstract concept chemical bonding. The conceptual metaphors were identified and sorted into two main categories; location event-structure conceptual metaphors and object event-structure conceptual metaphors. Results show that most metaphors can be categorized as location event-structure conceptual metaphors. Embodied concepts and everyday language rooted in senso-motoric experiences from students' daily life as well as from former science education seem to play a central role when they attempt to make meaning of the abstract concept 'chemical bonding' within a creative writing context. Creative writing tasks in science may have an unutilized potential for both uncovering and developing understanding of abstract phenomena on sub-microscopic level, such as chemical bonding.

INNLEDNING

Språket er sentralt når elever skaper mening i naturfag (Knain, 2005; Mortimer & Scott, 2003; Norris & Phillips, 2003). Det gryende språket er byggesteiner for tenkningen. Språket blir på den måten en nødvendig forutsetning for intellektuell utvikling og læring. Å bruke språket gjennom skriving er både et viktig verktøy for læring, og et middel for å synliggjøre læring. Studier viser at elever som bruker skrive-for-å-lære-strategier er mer bevisst sin egen språkbruk, viser bedre forståelse, bedre evne til å huske og bedre evne til kompleks tenkning (Rivard, 1994). I skrive-for-å-lære-retningen er det sentralt at elevene bruker hverdagsspråket som det primære utgangspunktet for læring og som

redskap for å forstå fagstoff (Knain, 2005). Kreativ skriving er en sjanger som utfordrer til dypere forståelse og selvstendig kobling av sentrale begreper, framfor memorering av fakta (Rutherford & Ahlgren, 1989). Innenfor denne tekstsjangeren ligger det til rette for at eleven bruker hverdagspråket når hun/han forsøker å gi mening til abstrakte naturfagbegreper.

Begrepet kjemisk binding er et av de sentrale abstrakte og ikke-direkte observerbare begrepene som elever skal skape mening om i naturfag. Dette begrepet byr på store konseptuelle utfordringer og den tradisjonelle måten å undervise om fenomenet på er dessuten blitt kritisert for å være problematisk (Teichert & Stacy, 2002). Et hovedproblem med måten det tradisjonelt undervises på er at hver bindingstype presenteres som en distinkt type som tilhører en bestemt kategori (ionebindinger, kovalente bindinger, metallbindinger og intermolekylære bindinger) (Levy Nahum, Mamlok-Naaman, Hofstein, & Kronik, 2008; Levy Nahum, Mamlok-Naaman, Hofstein, & Taber, 2010). Dette tilslører det faktum at de samme underliggende prinsippene ligger til grunn for alle kjemiske bindinger. Et annet problem er måten oktettregelen brukes og misbrukes på i kjemiundervisningen (Taber, 1998, 2002). I en studie viser Taber (2002) at studenter holder fast ved oktettregelen som forklaringsmekanisme, også etter at de har blitt introdusert for bindingsenergi og termodynamiske prinsipper på avansert nivå. Studentene forklarer for eksempel reaksjonen mellom fluor og hydrogen ved uttrykk som at atomene 'ønsker' å oppnå fulle skall, til tross for at begge reaktantene er molekyler og derfor allerede oppfyller oktettregelen. Å tillegge atomer menneskelige trekk har problematiske sider, samtidig som metaforer er nødvendig for å uttrykke abstrakte ideer.

Metaforene som elever bruker vil, som flere påpeker, kunne gi innblikk i elevens idéverden (for eksempel Jeppsson, Haglund, Amin, & Strömdahl, 2013; Lancor, 2015). De danner bro mellom elevens forståelse og fagstoffet og bidrar til meningsdannelse og læring (Bloom, 1992; Cameron, 2002). Hestenes (2006) beskriver representasjoner av fenomener på tre nivåer: (1) den 'virkelige' verden der vi observerer og er i kontakt med fenomenene, (2) idéverdenen der mentale modeller eller skjemaer for å forstå fenomenene dannes, og (3) begrepsverdenen der modeller eller skjemaer brukes i kommunikasjon med andre, ofte ved hjelp av metaforer. I følge dette rammeverket forholder ikke språket seg direkte til den virkelige verden, men til de mentale modellene. Gjennom bruk av ord, som når eleven skriver en kreativ tekst, aktiveres, utvides og modifiseres de mentale modellene. Derfor kan en analyse av elevers bruk av metaforer i kreative tekster i naturfag gi informasjon om hvordan de skaper forståelse og mening om abstrakte begreper, altså innblikk i elevenes forestillingsskjemaer og mentale modeller.

I denne studien undersøkes elevers bruk av metaforer i kreative tekster om kjemiske reaksjoner. I norsk skole har det etter innføring av læreplanen for kunnskapsløftet (LK06) vært fokus på de grunnleggende ferdighetene å kunne lese og uttrykke seg muntlig og skriftlig. Skriving i naturfag har i stor grad vært preget av at elevene svarer på oppgaver i læreboka og av skrift fra ulike kilder (Solheim, Larsen, & Torvatn, 2010; Torvatn, 2008). Skriveoppdrag som utfordrer eleven til å uttrykke sin forståelse med egne ord kan se ut til å være lite utnyttet. Kreativ skriving er en slik skrivesjanger der elevene uttrykker seg med egne ord i et ikke-vitenskapelig språk, samtidig som et kriterium for skriveoppdraget er at teksten skal være faglig korrekt. I denne studien undersøkes mer spesifikt de metaforene som elever på 8. trinn bruker for å skape mening om begrepet kjemisk binding på submikroskopisk nivå. Forskningsspørsmålet er:

- Hvilke typer metaforer bruker elever om abstrakte begreper (kjemisk binding) i kreative tekster og hvordan kan disse metaforene gi informasjon om elevens forestillingsskjemaer og mentale modeller?

Begrepet kjemisk binding er valgt fordi det er et av de mest abstrakte og sentrale begrepene elever på ungdomsskolen skal lære i naturfag. Det er her et poeng at begrepet er abstrakt slik at avstanden mellom den virkeligheten som elevene skal fortolke og de hverdagsordene og metaforene som de bruker for å skape mening er stor.

TEORI**Å skape mening om abstrakte begreper ved hjelp av metaforer**

Metaforer er sentrale i det naturvitenskapelige språket, og nødvendige når man skal lære abstrakte begreper, som bare kan læres indirekte (Lakoff & Johnson, 2003). I følge Zembylas (2004) innebærer bruk av metaforer å overføre fra én situasjon til en annen. Meningen og sammenhengen må skapes av den som bruker metaforen. Det er ulike oppfatninger av hvordan en definerer en metafor i forhold til en analogi. Lancor (2015) definerer analogier som eksplisitte sammenligninger av to ideer. For eksempel kan planetmodellen betraktes som en analogi for atomet, der atomkjernen sammenlignes med sola og elektronene sammenlignes med planetene som går i bane rundt sola. Til sammenligning betegner metaforer ord eller fraser som brukes i billedlig eller i overført betydning og som er mer implisitte enn analogier.

Metaforer betegner ikke bare konkrete objekter, men de kan også knyttes til erfarte situasjoner og handlinger (conceptual metaphor theory) (Lakoff & Johnson, 2003). Den sentrale ideen her er at abstrakte begreper kan forstås metaforisk ved hjelp av konkrete kunnskapsstrukturer (Lakoff & Johnson, 1999, 2003). I følge dette teoretiske perspektivet gjør metaforer det mulig for oss å forstå og beskrive abstrakte begreper med utgangspunkt i våre fysiske og sensoriske opplevelser av verden. Det antas at vi benytter oss av et stort og omfattende nettverk av metaforer for å gi mening til abstrakte begreper, og at grunnlaget for dette nettverket av metaforer etableres på et tidlig stadium. Slike implisitte konseptuelle metaforer er derfor en viktig komponent i et individs begrepsnettverk (Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982). Den kroppslige erfaringsbaserte kilden til metaforene omtales av Lakoff og Johnson (2003) som forestillingsskjemaer (image schematas). Forestillingsskjemaene oppstår som abstraksjoner fra spillet mellom sansene og omgivelsene. Grunnleggende hendelsesstrukturer (som rom, tid, årsak, forandring, tilstand, hensikt) gir opphav til forestillingsskjemaer. Lakoff og Johnson (1999) har identifisert to vanlige måter å uttrykke hendelser metaforisk; som stedsorienterte hendelsesstrukturer (location event-structure metaphor) og objekt-orienterte hendelsesstrukturer (object event-structure metaphor). Konseptuelle metaforer som reflekterer stedsorienterte hendelsesstrukturer kan for eksempel oppstå fra våre erfaringer med bevegelsene vi og andre objekter har i rommet – for eksempel erfaringer fra lek og spill med andre eller observasjon av gjenstander som beveger seg. Naturfagdidaktisk forskning på konseptuelle metaforer viser at det er systematisk sammenheng mellom slike forestillingsskjemaer og abstrakte begreper som energi (Amin, 2009; Lancor, 2015) og entropi (Amin, Jeppsson, Haglund, & Strömdahl, 2012; Jeppsson et al., 2013). Lancor (2015) fant for eksempel at både stedsorienterte hendelsesstrukturer og objekt-orienterte hendelsesstrukturer kom til uttrykk gjennom metaforer som studenter bruker om energien i ulike kontekster. Han påpeker at ulike, men gjensidig utfyllende metaforer kan være nødvendig for å oppnå en fullstendig forståelse av et fenomen. Hedberg, Haglund og Jeppsson (2015) gjorde en analyse av hvordan eksplisitte og implisitte metaforer blir brukt i formidling av termodynamikk i svenske kjemilærebocker for videregående skole. De fant at abstrakte tilstander og prosesser (energi, entropi, kjemiske reaksjoner) ble forklart ved hjelp av metaforer som bygger på både stedsorienterte og objekt-orienterte hendelsesstrukturer. Begge typene konseptuelle metaforer har utgangspunkt i abstraksjoner fra sensoriske erfaringer. I metaforer som reflekterer stedsorienterte hendelsesstrukturer betraktes hendelser som lokalisert i rommet og årsak til hendelser som bevegelse i rommet eller som tvunget bevegelse i rommet. I metaforer som reflekterer objekt-orienterte hendelsesstrukturer betraktes tilstander og hendelser som en iboende egenskap, årsak til hendelser som overføring av slike egenskaper og eventuelt som en tvunget overføring av egenskap. I denne artikkelen benyttes dette som teoretisk rammeverk for å analysere metaforene som elever bruker når de uttrykker det som skjer i kjemiske reaksjoner på submikroskopisk nivå. Det kan også være et middel til å identifisere kilder til misforståelser og naive forestillinger (Brookes & Etkina, 2007).

Metaforer til støtte eller til hinder for læring?

Samtidig som hverdagsassosiasjoner kan hjelpe eleven å gjøre koblinger mellom naturvitenskapen og eget liv, kan de også by på problemer. Metaforer kan tolkes alt for bokstavelig og kan lede til ufruktbare resonnementer. Sutton (1995) påpeker at metaforer mange ganger forvirrer snarere enn å skape forståelse. Eleven må ofte gjennom en prosess der metaforenes mening må avgrenses og gjøres mer presise. De må gjøre det som Rundgren, Hirsch og Tibell (2009) kaller 'å drepe' sine metaforer. Mange ord som brukes i dagligtale dukker ofte opp i elevers naturvitenskapelige forklaringer (Cameron, 2002). For å uttrykke seg om kjemi på submikroskopisk nivå brukes for eksempel ord som har utgangspunkt i grunnleggende forestillingsskjemaer som kutte, splitte og skille. Disse ordene brukes også av eksperter på området, men da med en presis og veldefinert betydning. Som Rundgren, Hirsch og Tibell (2009) hevder gir slike metaforiske uttrykk pedagogiske muligheter for å koble molekylære prosesser til elevenes hverdagsliv. Rundgren (2006) intervjuet elever på videregående skole, der han tok utgangspunkt i bilder og begreper fra molekylærbiologi. Resultatene tyder på at man ut fra de tilsynelatende ikke-vitenskapelige forklaringene kan få dypere forståelse av hvordan elever tenker. Forklaringene kan avsløre mer om elevens tenkning enn 'korrekt' bruk av fagterminologien, spesielt når det er snakk om abstrakte og ikke-direkte observerbare prosesser. Sammenlignet med eksperter kan elever ha andre oppfatninger av hva som er de vesentlige aspektene ved en metafor. Eksperter vil kunne anvende de naturvitenskapelige begrepene med mer avgrensede og presise metaforer. Det samme vil gjelde bruk av antropomorfismer.

En person som bruker antropomorfismer tillegger ikke-levende objekter menneskelige egenskaper, følelser og ønsker. Taber og Watts (1996) har undersøkt studenters bruk av antropomorfismer i forbindelse med kjemiske bindinger. En tolkning av studentenes språkbruk er at de betrakter de subatomære enhetene som om de har intensjoner og er kausale agenter. De uttrykker at elektroner, ioner og molekyler misliker, grabber, hjelper, låner, tenker, prøver, trenger, eier og ønsker. I studien peker Taber og Watts (1996) på at antropomorfismer både kan være til mulig hinder og til støtte for læring. Hvis den lærende har kommet dit at han bruker antropomorfismer metaforisk, argumenterer de for at antropomorfismer kan støtte læringen og styrke meningsdannelsen (Taber & Watts, 1996, s. 565):

[...] perhaps strong (teleological) anthropomorphic language is the first stage in developing understanding, allowing the learner to obtain a descriptive level of understanding of atomic-level phenomena through mental role-play and empathy. Maybe as the abstract atomic world becomes familiar through such 'social' modelling the learner is able to move past the descriptive level, perhaps retaining anthropomorphic language to be used metaphorically, or simply as habit.

Å uttrykke seg metaforisk i et hverdagsspråk forankret i egen erfaring har sine utfordringer samtidig som det også anses som viktig for å skape forståelse og mening om abstrakte begreper. I tradisjonell naturfagundervisning er det ofte slik at å lære nye ord reduseres til å kunne definere disse ordene (Cervetti, Pearson, Bravo, & Barber, 2006). Bruk av korrekte, abstrakte vitenskapelige termer kan ofte skjule utenat læring og være et uttrykk for overfladisk forståelse (Pfundt & Duit, 1994). Dette kan i sin tur lede til at elevene vurderes ut i fra sine evner til å bruke korrekte ord, snarere enn evne til å skape mening.

Å skape mening gjennom tekst

Forskning tyder på at når elever skal lære nye begreper er det en fordel at de skriver på måter som knytter det nye vitenskapelige vokabularet til deres hverdagsspråk og tidligere erfaringer (Keys, Hand, Prain, & Collins, 1999; Rowell, 1997). Det argumenteres for at det bør bygges broer mellom hverdagstanker og erfaringer og den vitenskapelige tenkemåten og språket. I følge en studie av rapportskriving, bør elevene starte med å skrive med sine egne ord og senere gå over til å skrive vitenskapelig språk (Paludan, 2004, s. 207). Rapportspråket kan lett bli standard fraser som elevene ikke eier fullt ut. Å skrive med egne ord tvinger elevene derimot til å tenke over hva de skriver.

Elever som får mulighet til å identifisere seg med naturvitenskapelige fenomener, vil i større grad kunne få eierforhold til fagstoffet og dermed lettere kunne uttrykke seg med egne ord. Et eksempel på dette er Wilensky og Reisman (2006) som oppmuntret elever til å modellere oppførselen og samspillet mellom de individuelle organismene som en måte å forstå økosystemene på. Videre har Scherr et al. (2013) utviklet Energy Theater, hvor elevene spiller de ulike energienhetene som gjennomgår overføringer og omdanninger i ulike fysiske scenarier. Sherr et al. (2013) finner at kroppslige erfaringer (embodied learning activity) bidrar positivt til elevenes forståelse av energioverføring og evne til å skille det abstrakte begrepet energi fra objektet som har energi. Kreativ skrijving har visse likhetstrekk med læringsaktiviteter som Energy Theater på den måten at elevene identifiserer seg med de naturvitenskapelige fenomenene. Eleven lever seg inn i det å være et atom og skaper en fortelling der de med egne ord forsøker å gi vitenskapelige fenomener og prosesser mening.

Bereiter og Scardamalia (1987) har utviklet en modell for hvordan skrijving kan fremme læring. De bruker begrepene kunnskapsfortellende (knowledge telling) og kunnskapstransformerende (knowledge transforming) skrivestrategier. Den kunnskapsfortellende sjangeren innebærer å produsere tekst på den måten det hentes fra langtidsmindet eller tekstlige kilder, uten bearbeiding av innholdet. Den kunnskapstransformerende sjangeren innebærer å utdype og tilpasse fagstoffet slik at det passer med skrivingsformål. Fagstoffet må bearbeides til en form som er forskjellig fra hvordan det er lagret i hukommelsen. Disse to strategiene må ikke betraktes som et enten eller, men som to ytterpunkter. En som mestrer tekstsjangeren kreativ skrijving vil befinne seg i den enden av skalaen som kan karakteriseres som kunnskapstransformerende skrijving. Kreative skriveoppgaver gjør det dessuten vanskelig å skjule utenatlæring og overfladisk forståelse med bruk av korrekte vitenskapelige termer og definisjoner, slik (Pfundt & Duit, 1994) ofte hevder skjer i mer tradisjonelle vurderingsformer. Bruk av hverdagspråk kan derfor avsløre mer om elevens tenkning enn 'korrekt' bruk av fagterminologi (Rundgren, 2006). Den kreative skrivesjangeren legger altså til rette for at elevene må uttrykke seg i sitt hverdagspråk. Metaforene som undersøkes i denne studien kan sees på som elevenes oversettelse av komplekse og abstrakte sammenhenger i kjemiske reaksjoner til et tilgjengelig språk som gir begrepene mening. Når elevene bruker sin kreativitet og uttrykker seg ved hjelp av metaforer i sitt hverdagspråk vil dette kunne gi et bilde av hva de faktisk forstår.

METODE

Generering av empiri

Datamaterialet består av 26 kreative tekster skrevet av elever på 8.trinn. Elevene gikk i to parallellklasser ved samme norske grunnskole og hadde samme lærer. Elevenes skriveoppgaver gikk ut på å tenke seg at han/hun var et atom og fortelle om hva som skjer med dette atomet i bestemte kjemiske prosesser. Skriveoppgaven som elevene ble presentert for hadde ordlyden:

Tenk deg at du er et karbonatom i et karbondioksidmolekyl i lufta inni flaskehagen. Du skal være innom et av bladene til en plante, og til slutt skal du ende opp i lufta igjen. Du skal delta både i fotosyntese og i celleånding.

Elevene ble også presentert for modelltekster og følgende vurderingskriterier for skriveoppgaven:

- *Jeg-personen får frem prosessene på en detaljert og faglig korrekt måte.*
- *Jeg-personen får frem sine egne opplevelser i prosessene på en morsom og fengende måte.*
- *Fortellingen har en innledning, en hoveddel og en avslutning.*

Kriteriene la til rette for at elevene skulle bruke egne ord og metaforer. Elevene ble på den ene siden oppfordret til å skrive om jeg-personens (atomets) egne opplevelser på en morsom og fengende måte, samtidig som de skulle skrive på en detaljert og faglig korrekt måte, altså bruke sitt hverdagspråk til å uttrykke mening om det abstrakte vitenskapelige fenomenet kjemisk reaksjon. Sjangeren kreativ skrijving var velkjent for elevene. De hadde tidligere erfaring med å skrive denne type kreative tekster

om naturvitenskapelige fenomener med omtrent samme vurderingskriterier. Videre hadde de i løpet av skoleåret hatt undervisning om stoffers egenskaper og om kjemiske reaksjoner i forskjellige sammenhenger, som skulle gi dem den nødvendige faglige bakgrunnen for å skrive den kreative teksten.

Elevenes tilbudte undervisning om kjemiske reaksjoner

I begynnelsen av 8. trinn ble elevene introdusert for partikkelmodellen for stoffer. Deretter fikk de innblikk i hva som kjennetegner kjemiske reaksjoner på makroskopisk og submikroskopisk nivå. På submikroskopisk nivå ble det presisert at bindinger mellom atomer i utgangsmolekylene brytes, og at nye bindinger dannes slik at atomene reorganiseres i nye molekyler. Undervisningen fokuserte på at bindinger holder atomene sammen. Det ble ikke differensiert mellom ulike typer bindinger, men elevene fikk noe kjennskap til at bindinger kan ha forskjellig styrke og at det krever energi å bryte bindinger (Levy Nahum et al., 2008; Levy Nahum et al., 2010).

Elevene både observerte og gjorde egne forsøk med forbrenningsreaksjoner (knallgass, stearinlys, stålull, magnesiumstrimmel). Videre bearbeidet de fagstoffet både med kreativ skriving og dramatisering. Elevene skrev blant annet en kreativ tekst der de tenkte seg at de var et hydrogenatom som var fanget i en ballong. I den kreative teksten skulle de få fram hva som skjer med dette hydrogenatomet når noen tenner på ballongen. I etterkant av forsøket med brenning av magnesium, dramatiserte elevene denne kjemiske prosessen. Seks elever hadde rollen som magnesiumatomer og seks elever hadde rollen som oksygenatomer. Elevene startet med at de som hadde roller som magnesiumatomer holdt fast i hverandre og dannet et gitter (2x3 atomer). To og to elever som til sammen skulle forestille oksygenmolekyler i gassform beveget seg arm i arm rundt elevene som dannet magnesiumgitteret. Omdanningen til magnesiumoksid skjedde etter instruks fra lærer. Elevene slapp tak i hverandre og tok tak på en ny måte slik at elever som forestilte henholdsvis magnesium- og oksygenatomer plasserte seg annenhver gang i en gitterstruktur. I læringsaktiviteten identifiserte elevene seg med atomer. De beveget seg i rommet og fikk kroppslige erfaringer på liknende måte som beskrevet av Scherr et al. (2013). I tillegg fikk elevene se Powerpoint-animasjoner av de kjemiske reaksjonene og arbeide med modellbyggesett. Et viktig poeng i alle læringsaktivitetene var å vise at nøyaktig de samme atomene var med i produktene som i utgangsstoffene, men at atomene var organisert på nye måter. Som eksempel på nok en forbrenningsreaksjon, arbeidet elevene grundig med celleånding. I denne forbindelse dramatiserte elevene diffusjon av gassmolekyler. Hensikten var å bygge forståelse av transport gjennom cellevegg i celleånding. I dette rollespillet var elevene molekyler og ikke enkeltatomer.

Deretter jobbet elevene med den viktige kjemiske reaksjonen fotosyntese i to ulike kontekster. Elevene ble først undervist om fotosyntesen i en astronomikontekst (en tenkt reise til planeten Mars), og temaet ble senere repetert i en økologikontekst. Celleånding ble også repetert i forbindelse med at elevene gjennomførte et større utforskende arbeid om nedbrytning. Celleånding og fotosyntese ble i begge kontekstene satt inn i en større sammenheng der det ble fokusert på stoffers kretsløp. I tillegg til et utforskende arbeid om nedbrytning, gjorde også elevene en undersøkelse av et økosystem. I forbindelse med at elevene skrev rapport fra undersøkelsen, fikk de undervisning om stoffers kretsløp og diskuterte stoffers kretsløp i en flaskehage.

Analyse av empiri

De 26 kreative tekstene er analysert for å kartlegge hvilke konseptuelle metaforer elevene bruker til å beskrive det som skjer når bindinger mellom atomer i molekylene brytes og reorganiseres i kjemiske reaksjoner. Kun den delen av teksten som omhandler de aktuelle kjemiske reaksjonene på submikroskopisk nivå er analysert. Deretter identifiserte vi alle de konseptuelle metaforene som ble sortert etter hvilken del av prosessen de beskriver (1. Molekylene kommer i kontakt med hverandre, 2. Bindinger brytes, 3. Mellom utgangsstoffer og produkter, 4. Bindinger dannes). Metaforene ble så sortert i to hovedkategorier; metaforer som reflekterer stedsorienterte hendelsesstruktur og metaforer som reflekterer objekt-orienterte hendelsesstrukturer. Disse er videre organisert i tre underkategorier,

som vist i Tabell 1. Disse hovedkategoriene med underkategorier er detaljert beskrevet av Lakoff & Johnson (1999), og er de samme som Amin (2009) benyttet for å identifisere konseptuelle metaforer som er vanlige for å uttrykke ulike sider ved energibegrepet slik det brukes i naturvitenskapen. De to kategoriene er som tidligere nevnt en måte å organisere konseptuelle metaforer som beskriver hendelser og årsaker til hendelser på (hendelsen som analyseres i denne studien er bindinger mellom atomer innad i molekyler som brytes og reorganiseres i bestemte kjemiske reaksjoner).

Tabell 1. Kategorier av konseptuelle metaforer (Amin, 2009; Lakoff & Johnson, 1999).

Stedsorienterte hendelsesstrukturer	Tilstander er rommelig lokalisert
	Forandring er bevegelse i rommet
	Forandring er tvungen bevegelse i rommet
Objekt-orienterte hendelsesstrukturer	Iboende egenskap
	Forandring er bevegelse av iboende egenskap
	Forandring er overføring av iboende egenskap

Alle konseptuelle metaforer identifisert i de 26 elevtekstene ble kategorisert innenfor dette rammeverket, som tilstander og hendelser lokalisert i rommet (stedsorienterte hendelsesstrukturer) eller som iboende egenskap (objekt-orientert hendelsesstruktur).

I tillegg ble tre av de 26 elevtekstene nærmere analysert. Hensikten er å få utdypende innsikt i om de konseptuelle metaforene disse tre elevene bruker kan gi informasjon om deres forestillingsskjemaer og mentale modeller. De tre tekstene er valgt fordi de er kvalitativt forskjellige når det gjelder forståelsesnivå. Dessuten avdekker de noen ulike forestillinger om det som skjer i en kjemisk reaksjon på submikroskopisk nivå, som deles av flere.

Resultater og analyse

I Tabell 2 presenteres først en samlet oversikt over frekvensen av ulike typer konseptuelle metaforer (definert i Tabell 1) som brukes i de 26 elevtekstene. Disse metaforene beskriver altså det som skjer med atomer, molekyler og bindinger i de forskjellige delprosessene av kjemiske reaksjoner. Med utgangspunkt i hvordan dataene er presentert i Tabell 2, følger en detaljert presentasjon eksemplifisert med kvalitative data i form av direkte sitater fra de 26 elevenes tekster. Sitatene viser eksempler på hvilke konkrete metaforer som ligger bak tallene i Tabell 2. Intensjonen er å gi et bilde av de konseptuelle metaforene som hele gruppen elevene bruker. For å få innsikt i enkeltelevens bruk av konseptuelle metaforer, presenteres til slutt data fra tre utvalgte elevtekster. Disse tre elevene sine beskrivelser av det som skjer når bindinger mellom atomer i molekylerne brytes og reorganiseres i kjemiske reaksjoner presenteres i sin helhet. Hensikten er å studere elevenes metaforer i kontekst og belyse eksempler på forestillinger og mentale modeller som de konseptuelle metaforene kan avdekke.

Analysen av 26 elevtekster

I 26 elevtekster er det til sammen identifisert 100 situasjoner der det brukes metaforer om det som skjer i de kjemiske reaksjonene på submikroskopisk nivå (Tabell 2). Tabellen viser at metaforer som faller inn under kategorien stedsorienterte hendelsesstrukturer er dominerende (87 av 100).

Tabell 2. Antall situasjoner der det brukes konseptuelle metaforer i elevenes kreative tekster (n=26) for å omtale ulike forhold som kan relateres til det som skjer på submikroskopisk nivå i kjemiske reaksjoner

		Molekylene kommer i kontakt med hverandre	Bindinger brytes	Mellom utgangsstoffer og produkter	Bindinger dannes	Totalt
Stedsorienterte hendelsesstrukturmetaforer	Tilstander er rommelig lokalisert	0	0	0	0	0
	Forandring er bevegelse i rommet	3	15	11	37	66
	Forandring er tvungen bevegelse i rommet	0	16	0	5	21
Objektorienterte hendelsesstrukturmetaforer	Iboende egenskap	0	3	4	5	12
	Forandring er bevegelse av iboende egenskap	0	0	0	0	0
	Forandring er overføring av iboende egenskap	0	0	0	1	1
Totalt		3	34	15	48	100

Molekylene kommer i kontakt med hverandre

I kun tre elevtekster forekommer metaforer som uttrykker at molekylene kommer i kontakt med hverandre. Metaforene som elevene bruker uttrykker bevegelse i rommet. Elevene bruker metaforer som at molekylene *krasjer*, *krasjer hele tiden i hverandre*, *dunker mot hverandre*. Metaforene i alle disse tre utsagnene er kategorisert som stedsorienterte hendelsesstrukturer, og nærmere bestemt som at forandring er bevegelse i rommet.

Bindinger brytes

Av 100 beskrivelser, omhandler 34 at bindinger brytes. De fleste (31 av 34) er kategorisert som stedsorienterte hendelsesstrukturer. Disse fordeler seg jevnt mellom metaforer som uttrykker at forandring er bevegelse i rommet (15) og at forandring er tvungen bevegelse i rommet (16). At forandring er bevegelse i rommet uttrykkes i de kreative tekstene som at atomene *mister taket i*, *glipper*, *sklir* eller *glir* fra hverandre og forandring som tvungen bevegelse i rommet uttrykkes som at atomene blir *revet*, *dratt*, *skilt* eller *strekt* fra hverandre.

I tre av 34 tilfeller forekommer metaforer som uttrykker at objekter har iboende egenskaper, det vil si objektorienterte hendelsesstrukturer. En elev bruker metafor som reflekterer objektorientert hendelsesstruktur til å beskrive energien i den eksoterme reaksjonen, celleånding, som sterk: *energien fra energipakkene er for sterk slik at de (atomene) slipper taket*. En annen elev bruker samme metafor men som en iboende egenskap til atomet, og skriver at atomene *ikke er sterke nok*.

I flere elevtekster knyttes bryting av bindinger til varme- eller energibegrepet. Eksempler på dette er:

*[...] energipakker slår hendene til atomer som slipper taket i hverandre
[...] (bindingene) blir brutt ved hjelp av energipakker
[...] (atomene) blir skilt fra hverandre når det blir varmt*

Andre elever beskriver den kjemiske reaksjonen som en eksplosjon:

[...] (atomene) blir dratt fra hverandre ved eksplosjoner

Mellom utgangsstoffer og produkter

Flere elevtekster beskriver at atomene er alene i en mellomtilstand, etter at bindingene mellom atomene er brutt, men før nye bindinger dannes. I de aller fleste tilfellene (11 av 15) brukes metaforer som uttrykker at forandring er bevegelse i rommet, som at atomene *svever ensomt, svever alene, vandrer alene, svirrer rundt (alene)* og *møter andre atomer som også er alene*. Fire av 15 metaforer uttrykker at atomene har iboende egenskaper som at de *er frie, føler seg fri og lever alene*. At atomene 'føler seg fri' og 'lever alene' er for øvrig også antropomorfismer.

Nye bindinger dannes

Elevene bruker flere konseptuelle metaforer for å omtale at nye bindinger dannes (48 av 100) enn for at bindinger brytes, hvorav de fleste reflekterer stedsorienterte hendelsesstrukturer (42 av 48) og de øvrige (6 av 48) objekt-orienterte hendelsesstrukturer. I elevenes kreative tekster er ulike uttrykk for at forandring er bevegelse i rommet dominerende (37 av 48). Flere elever uttrykker på ulikt vis at atomene *binde* seg sammen, andre skriver at atomene *finner, tar tak i* og *griper* andre atomer. Videre er det identifisert fem eksempler på metaforer som uttrykker at forandring er tvungen bevegelse i rommet. Atomene *blir satt sammen med andre atomer* eller *satt inn i molekyler* og *blir dratt mot andre atomer* eller *dratt sammen med andre atomer*.

De fem forekomstene av metaforer som reflekterer objekt-orienterte hendelsesstrukturer uttrykker på ulike måter at atomene har iboende egenskaper som evne til å bli kjent med andre atomer, *finne/få nye venner* og *bli enige om å lage et molekyl* og at de *trenger hverandre*. Disse er samtidig eksempler på antropomorfismer. En elev skriver at atomene i et molekyl ($C_6H_{12}O_6$) blir *omgjort til* andre molekyler, ($6H_2O$) og ($6CO_2$). Dette er kategorisert som at forandring er overføring av iboende egenskap. Den iboende egenskapen som overføres, er evne til å danne molekyler.

Tre elevers bruk av metaforer

Her presenteres de tre utvalgte elevenes beskrivelse av det som skjer når bindinger mellom atomer i molekylerne brytes og reorganiseres i kjemiske reaksjoner. For hver elevtekst presenteres situatene kronologisk og i sin helhet.

Jente 1 er en høyt-presterende elev som har skrevet en kreativ tekst på til sammen 425 ord. Den delen av teksten som dreier seg om det som skjer når bindinger mellom atomer i molekylerne brytes og reorganiseres i kjemiske reaksjoner er på 232 ord.

[...] Plutselig skjedde det en eksplosjon som fikk Lucas og Karlos til å gli vekk fra meg. Plutselig fløt jeg alene og ensomt rundt i bladet men så så jeg at alle andre også hadde mistet hverandre. Febrilsk prøvde jeg å finne Karlos og Lucas men jeg klarte ikke i alt kaoset. Så møtte jeg en haug med andre oksygen og hydrogen atomer. Noen andre ble satt sammen men det var bare oksygen atomer som lagde oksygen molekyler. Jeg var sammen med 24 andre atomer. Det var 5 andre karbon atomer der, 12 hydrogenatomer og 6 oksygen atomer. Plutselig ropte et atom høyt. «hva skjer?!» Et annet svarte med et høyt rop «Vi har dannet et glukose molekyl»

Et glukosemolekyl? Jeg så meg forvirret rundt på de andre. Hva ville skje nå? Alle visste at Glukose var plantens næring og som vi trodde ble vi nå «spist» av planten. Igjen begynte vi å gli fra hverandre. Jeg prøvde så godt jeg kunne for å holde fast men energien fra energipakkene var for sterk og tilslutt måtte jeg slippe taket. Det ble kaos inne i planten igjen, men så skjedde det utrolige. To oksygen atomer ble trukket til meg og igjen var jeg i et karbondioksidmolekyl. Rundt meg så jeg hydrogen og oksygen atomer danne vann eller H₂O. Samtidig så jeg Lucas og Karlos som nå dannet et CO₂ molekyl med et annet karbonatom.

Jente 1 skriver detaljert om de kjemiske reaksjonene på submikroskopisk nivå. Denne eleven er en av få som går like detaljert inn i celleåndingsreaksjonen som i fotosyntesereaksjonen. Hun bruker analogien eksplosjon, samtidig som hun bruker metaforer for at bindinger brytes som er mindre voldsomme (atomene glir vekk fra hverandre). Videre bruker hun metaforer til å uttrykke at alle atomene flyter rundt alene i en mellomtilstand i de kjemiske reaksjonene. De konseptuelle metaforene er i hovedsak av kategorien stedsorienterte hendelsesstrukturer (atomer glir vekk fra hverandre, mister hverandre, møter andre atomer, er sammen med andre atomer, holder fast i andre atomer, slipper taket i andre atomer og trekker andre atomer til seg). I likhet med mange andre elever bruker Jente 1 metaforer som kan kategoriseres som objekt-orienterte hendelsesstrukturer når hun omtaler energi. I noen tilfeller tillegger hun jeg-personen (atomet) menneskelige egenskaper som at det er *ensomt* og *forvirret*.

Jente 2 er en middels-presterende elev som har skrevet en kreativ tekst på totalt 305 ord. Selv om teksten er lang, er lite i teksten viet detaljer om det som skjer i de kjemiske reaksjonene på submikroskopisk nivå (178 ord).

[...] Jeg klarte nesten ikke å puste lenger og det kom en stor bølge og skylte oss fra hverandre. Jeg glapp taket på Olivia og Otelie. Det blandet seg med vann. Jeg ble veldig lei meg og håpet på at jeg ville finne nye venner. Nå har jo Olivia og Otelie dannet H₂O i alle fall. Nå kom det inn et sterk sol-lys inn i bladet, som en jeg ble kjent med i stad, det var Kurt klorofyll. Han hadde hentet opp sollys og jeg så noen kom mot meg. De sa at alle hydrogenatomene het enten Hilde eller Halvor. Jeg ble kjent meg de og vi dannet oss sammen. Plutselig fikk jeg øye på Olivia og Otelie igjen, men de hengte med fire andre som Ole, Ola, Olav og Oline, Jeg følte at en misunnelse steg høyt og jeg hadde ikke lyst å snakke med de igjen, men jeg hadde ingen valg. Jeg satte meg sammen og -PANG- så var vi et glukose molekyl. Etter en stund ble vannet så urolig at de skilte seg fra oss andre.

Teksten viser at Jente 2 uttrykker seg relativt upresist. I likhet med Jente 1 kan det på bakgrunn av den kreative teksten se ut til at hun også forbinder noe voldsomt med kjemiske reaksjoner. I den grad Jente 2 bruker konseptuelle metaforer til å uttrykke det som skjer i de kjemiske reaksjonene bruker hun metaforer som kan kategoriseres som stedsorienterte hendelsesstrukturer. Hun uttrykker at atomene og bindingene gjennomgår forandringer i form av tvungen bevegelse i rommet (en bølge førte til at atomene glapp taket i hverandre). Metaforene er upresise (atomene blandet seg med vann og dannet vann). Videre bruker jenta metaforer som uttrykker bevegelse i rommet (hydrogenatomene kom mot jeg-personen, oksygenatomet, og atomene satte seg sammen til et molekyl). Atomet blir tillagt mange menneskelige egenskaper som at de føler misunnelse, har ikke lyst til å snakke med andre atomer og har ikke noe valg. Det siste eksemplet kan være et tegn på at eleven har en idé om at kjemiske reaksjoner er en tvungen forandring. De øvrige antropomorfismene har ikke noen åpenbar faglig forankring.

Gutt 1 er en relativt lavt presterende elev som har skrevet en kreativ tekst på kun 57 ord. Han går i liten grad inn i detaljene på submikroskopisk nivå. Hele teksten er gjengitt under.

Jeg er et karbon atom i et karbondioksidmolekyl. Nå er jeg i en flaskehage. Det er masse andre

molekyler. Jeg er i susende fart mot planten. Da vi kjente at sola varmet på oss smeltet CO₂ og H₂O sammen. Vi dannet da C₆H₁₂O₆ og O₂. Jeg er i et oksygenmolekyl. Så fløy jeg ut i lufta igjen.

Også Gutt 1 uttrykker molekylers egenskaper ved hjelp av metaforer som kan kategoriseres som stedsorienterte hendelsesstrukturer. Han skriver at molekylet som jeg-personen er en del av er i susende fart, altså rommelig lokalisert. Om det som skjer med molekyler i kjemiske reaksjoner, bruker han metaforen smelter. Dette kan tyde på en misoppfatning om hva som skjer i kjemiske reaksjoner. Samtidig uttrykker han at atomene og bindingene gjennomgår forandringer i form av tvungen bevegelse i rommet (sola forårsaker endringen). Til tross for misoppfatningen om smelting, kan det tyde på at han har forstått at atomene er de samme hele tiden og at det er molekylene som endrer seg.

DISKUSJON

Resultatene fra denne studien viser at elevgruppen bruker et rikt repertoar av konseptuelle metaforer for å beskrive det som skjer når bindinger brytes og nye dannes i de to kjemiske reaksjonene fotosyntese og celleånding. I det følgende diskuteres om metaforene kan gi informasjon om elevenes forestillingsskemaer og mentale modeller om kjemiske bindinger på sub-mikroskopisk nivå.

Å skape mening om abstrakte begreper ved hjelp av metaforer

I de 26 kreative tekstene som er analysert dominerer metaforer som kan kategoriseres som stedsorienterte hendelsesstrukturer for å beskrive det som skjer når bindinger mellom atomer i molekylene brytes og dannes i kjemiske reaksjoner. Også den korte teksten produsert av en lavt-presterende elev (Gutt 1) har innslag av denne metaforytten. Dette peker mot at elevene har mentale modeller som at hendelser (det som skjer på submikroskopisk nivå i kjemiske reaksjoner) er lokalisert i rommet og at årsaken til hendelsen betraktes som bevegelse i rommet eller som tvunget bevegelse i rommet (Lakoff & Johnson, 1999). Selv om atomer og molekyler ikke er direkte observerbare, er de objekter som på ulike måter har blitt konkretisert for elevene gjennom tidligere naturfagundervisning. Elevene er kjent med den kinetiske partikkelmodellen for stoff. Atomene og molekyler er i undervisningen blitt fremstilt som partikler med en viss rommelig utstrekning og med bevegelse i rommet. Gjennom rollespill har elevene identifisert seg med atomene. De har fått kroppslige erfaringer som kan ha preget deres mentale modeller av atomer og bindinger (Scherr et al., 2013). De konseptuelle metaforene avdekker videre at mange av elevene har en idé om at atomene beveger seg fritt og alene i en mellomtilstand etter at bindingene mellom atomene er brutt, men før nye bindinger dannes. Dette er en forståelse som ikke er helt i tråd med den vitenskapelig korrekte forklaringen. I undervisningen har dette imidlertid vært et bevisst og planlagt mellomsteg på veien mot en mer korrekt forståelse.

Flere elever bruker metaforer som tyder på at de forbinder de kjemiske reaksjonene med en eksplosjonsartet hendelse. Denne forestillingen kan trolig spores til den første erfaringen som elevene fikk med en kjemisk reaksjon (antennning av knallgass i ballong). Den høyt-presterende eleven (Jente 1) bruker for eksempel analogien eksplosjon samtidig som hun skriver at atomene glir vekk fra hverandre. Dette kan tyde på at hun har en mental modell for bindinger som brytes som er mindre voldsom enn det som er tilfelle i en eksplosjon. Mening må som nevnt skapes av den som bruker metaforen, og jenta kan til en viss grad ha gjort det Rundgren, Hirsch og Tibell (2009) kaller 'å drepe' sine metaforer. Den konseptuelle metaforen *gli vekk* kan ha gjennomgått en slik prosess der meningen er blitt avgrenset og fått et bestemt innhold. Til sammenlikning skriver den middels-presterende eleven (Jente 2) *jeg satte meg sammen og -PANG- så var vi et glukose molekyl*. Dette sitatet tyder på at også denne eleven har en forestilling om at det skjer en eksplosjon i kjemiske reaksjoner. Metaforen som Jente 2 bruker er langt mer upresis enn Jente 1 sin. Det er for eksempel uklart hva *jeg satte meg sammen* og *PANG* egentlig betyr.

De kreative tekstene avdekker to forestillinger som deles av mange og som ikke er i overensstemmelse med den vitenskapelige forklaringen. Den ene er utilsiktet (kjemiske reaksjoner er eksplosjoner) og den andre er tilsiktet (atomene er frie og alene i en mellomtilstand), og begge kan spores til undervisningen. Det er nærliggende å tenke at erfaringer fra undervisningen har gitt mening til metaforene som elevene bruker. Zembylas (2004) hevder nettopp at bruk av metaforer innebærer å overføre fra en situasjon til en annen og at mening må skapes av den som bruker metaforen. En kan spørre seg hvilken mening elevene har gitt metaforene og om de har gjort det som Rundgren, Hirsch og Tibell (2009) kaller 'å drepe' sine metaforer. Det kan tyde på at elever som bruker konseptuelle metaforer som *slipper tak i, tar tak i og griper* har gjennomgått en slik prosess der meningen er blitt avgrenset og fått et helt bestemt innhold. Elever som uttrykker en vagere forståelse ser ut til å bruke mer generelle metaforer (som for eksempel danne) om den prosessen der atomene reorganiseres og kombineres på nye måter i kjemiske reaksjoner.

Det kommer frem i flere av tekstene at elevene knytter bryting av bindinger til varme- eller energibegrepet. Den høy-presterende eleven (Jente 1) uttrykker det som at atomene prøver å holde fast i hverandre, men at energien fra energipakkene var for sterk og at atomene tilslutt måtte slippe taket i hverandre. Energi betraktes her som et objekt som tvinger fram forandring i måten atomene forholder seg til hverandre på. I henhold til teorien om konseptuelle metaforer forventes det at komplekse ideer blir representert ved hjelp av flere metaforer som utfyller hverandre (Duit, 1991; Hestenes, 2006; Lancor, 2015). De ulike metaforene kaster lys over ulike sider ved det som skjer i den kjemiske reaksjonen. Den lavt-presterende eleven (Gutt 1) bruker derimot i liten grad metaforer som beskriver hva som skjer med bindingene. Han bruker begreper som tyder på at han har en naiv, men begynnende forståelse av det som skjer på submikroskopisk nivå i en kjemisk reaksjon. Han skriver at molekyler *smeltet [...] sammen*. Denne eleven får hverken fram energiperspektivet eller detaljer om måten bindingene brytes på. Metaforene som den høyt-presterende eleven (Jente 1) og enkelte andre elever bruker, kan tyde på at de er i ferd med å danne seg mentale modeller som både innehar elementer av at energien spiller en rolle og av at bindingene mellom atomene som deltar i den kjemiske reaksjonen endres og reorganiseres. Også ifølge den naturvitenskapelige forståelsen av kjemiske reaksjoner er dette to modeller som utfyller hverandre og er konsistente.

Når elevene bruker metaforer som reflekterer objekt-orienterte hendelsesstrukturer, er disse også gjerne antropomorfismer. Antropomorfismene som brukes henspiller i stor grad på at atomene knytter vennskapsbånd ved at de får nye venner eller finner nye venner, og tillegges andre menneskelige trekk som at de trenger hverandre, blir enige og føler seg fri. Dette kan tolkes som at elevene tillegger de subatomære enhetene intensjoner. Forekomsten av antropomorfismer kan også være en konsekvens av den spesielle skrivesjangeren og vurderingskriteriene for skriveoppdraget som oppmuntrer elevene til å bruke fantasi og kreativitet. De kreative tekstene er i stor grad skrevet i et hverdagsspråk (Cameron, 2002; Lakoff & Johnson, 1999). At elever bruker metaforer i sitt eget hverdagsspråk når de skal skape mening om naturvitenskapelige teorier, gir ifølge Rundgren, Hirsch og Tibell (2009) pedagogiske muligheter. Hverdagsassosiasjonene hjelper eleven å gjøre koblinger mellom naturvitenskapen og eget liv. Det er en måte å oversette komplekse forklaringer til et tilgjengelig språk og gi begrepene mening.

Samtidig som metaforene kan fungere som et vindu inn til elevenes mentale modeller må en være oppmerksom på at metaforene kun gir et indirekte innblikk i elevenes idéverden. En kan ikke på bakgrunn av de kreative tekstene med sikkerhet si hvilke mentale modeller eleven besitter. Tekstene forteller ikke hvor bokstavelig eller metaforisk eleven forholder seg til de ordene hun eller han velger for å uttrykke mening. Hvis elevene bruker antropomorfismene metaforisk, vil de kunne bidra positivt til elevenes meningsdannelse (Taber & Watts, 1996). Det er imidlertid umulig på bakgrunn av datamaterialet å si med sikkerhet om elevene har kommet dithen at de for eksempel bruker antropomorfismene metaforisk, eller om de tolkes mer bokstavelig.

Potensialet i kreativ skriving

I denne studien vises hvordan kreative tekster kan gi innblikk i elevers forestillingsskjemaer og mentale modeller om kjemiske bindinger. Forskningsmessig er det interessant å studere metaforene som elevene bruker fordi de gir innsikt i hvordan hverdagspråk og tidligere erfaringer bidrar til utvikling av vitenskapelige begreper. Tidligere studier av beslektede begreper som energi, entropi og kjemisk reaksjon, har vist at det er en systematisk sammenheng mellom konseptuelle metaforer, som har rot i fysiske og sensoriske opplevelser av verden, og de abstrakte begrepene (Amin, 2009; Amin et al., 2012; Hedberg et al., 2015; Jeppsson et al., 2013; Lancor, 2015). Denne studien viser at elever danner mening om begrepet kjemisk binding gjennom et rikt omfang av konseptuelle metaforer som faller inn under de ovenfor nevnte kategoriene (Amin, 2009; Lakoff & Johnson, 1999). Det ser ut til at metaforer som reflekterer stedsorienterte hendelsesstrukturer er den dominerende typen konseptuelle metaforer når denne elevgruppen skal beskrive det som skjer med bindingene mellom atomer i kjemiske reaksjoner. Dette kan tolkes i lys av den kroppslige erfaringsbaserte kilden til metaforer som disse elevene har fra tidligere opplevelser (Lakoff & Johnson, 1999) og fra undervisning om atomer og molekyler (Lakoff & Johnson, 2003). Tekstsjangeren tvinger elevene til å identifisere seg med det som skjer med atomene på submikroskopisk nivå i kjemiske reaksjoner, og bidrar dermed eksplisitt til at de henter fram egne kroppslige erfaringer og bruker disse i teksten (Scherr et al., 2013). Studien viser at kreative skriveoppgaver kan ha et potensial som verktøy for å avdekke forståelse og misforståelse av abstrakte fenomener i naturfag. Å la elevene identifisere seg med et atom og sette seg inn i hva som skjer i kjemiske reaksjoner kan også bidra til at selve skrivesituasjonen fører til utvikling av elevens mentale modeller. Selve skriveprosessen kan ha utfordret til dypere forståelse og bidratt til at elevene har gjort selvstendige koblinger av begreper som er sentrale for å skape mening om kjemiske reaksjoner (Rivard, 1994; Rutherford & Ahlgren, 1989). Samtidig bruker høyt presterende elever mer presise metaforer enn lavt presterende. I videre forskning vil det derfor være interessant å undersøke hva som skal til for å få de sistnevnte til å utvikle mer presise metaforer. Det vil også være av interesse å gjøre en mer systematisk undersøkelse av sammenhengen mellom de kroppslige erfaringene som elevene får gjennom dramatisering og de konseptuelle metaforene de bruker om kjemiske bindinger i kreativ skriving.

I tillegg til å ha forskningsmessig interesse kan metoden også anvendes av lærere i kjemiundervisningen. Elevens hverdagspråk i de kreative tekstene vil for eksempel kunne brukes til å hjelpe elevene til å utvikle mer presise metaforer (Rundgren et al., 2009). Læreren vil kunne ta tak i elevens bruk av metaforer og gjøre koblinger til kroppslige erfaringer og uttrykksformer som gir mening for elevene, og få elevene til å formulere nye forbedrede metaforer. Elevene kan da etablerere metaforer som for eksempel bidrar til forståelse av at det er de samme underliggende prinsippene for alle typer kjemiske bindinger (Levy Nahum et al., 2008; Levy Nahum et al., 2010).

REFERANSER

- Amin, T. G. (2009). Conceptual Metaphor Meets Conceptual Change. *Human Development*, 52(3), 165-197.
- Amin, T. G., Jeppsson, F., Haglund, J., & Strömdahl, H. (2012). Arrow of time: Metaphorical constructions of entropy and the second law of thermodynamics. *Science Education*, 96(5), 818-848.
- Bereiter, C., & Scardamalias, M. (1987). *The Psychology of Written Composition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bloom, J. M. (1992). The development of scientific knowledge in elementary school children: a context of meaning perspective. *Science and Education*, 76(4), 339-413.
- Brookes, D. T., & Etkina, E. (2007). Using conceptual metaphor and functional grammar to explore how language used in physics affect student learning. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research*, 3(1), 1-13.

- Cameron, L. (2002). Metaphors in the Learning of Science: a discourse focus. *British Educational Research Journal*, 28(5), 673-688.
- Cervetti, G. N., Pearson, P. D., Bravo, M. A., & Barber, J. (2006). Reading and writing in the service of inquiry based science. In M. P. Douglas, K. Klentchy, W. Worth, & W. Binder (Eds.), *Linking science and literacy in the K-8 classroom* (pp. 221-244). Arlington: National Science Teacher Association Press.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Sciens Education*, 75(6), 649-672.
- Hedberg, D., Haglund, J., & Jeppsson, F. (2015). Metaforer och analogier inom termodynamik i kemiläroböcker för gymnasiet. *NorDiNa*, 11(1), 102-117.
- Hestenes, D. (2006). *Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruksjon*. Paper presented at the Cognition and Instruction. Proceedings of the 2006 GIREP Conference on Modelling in Physics and Physics Education.
- Jeppsson, F., Haglund, J., Amin, T. G., & Strömdahl, H. (2013). Exploring the use of conceptual metaphor in solving problems in entropy. *Journal of the Learning Sciences*, 22(1), 70-210.
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(19), 1065-1084.
- Knain, E. (2005). Skrivning i naturfag: mellom tekst og natur. *NorDiNa*, 1, 70-80.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh*. New York: Basic Books.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (2003). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lancor, R. A. (2015). An Analysis of Metaphors Used by Students to Describe Energy in an Interdisciplinary General Science Course. *International Journal of Science Education*, 37(5-6), 876-902.
- Levy Nahum, T., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., & Kronik, L. (2008). A new "bottom-up" framework for teaching chemical bonding. *Journal of chemical education*, 85, 1680-1685.
- Levy Nahum, T., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., & Taber, K. (2010). Teaching and learning the concept of chemical bonding. *Studies in Science Education*, 46(2), 179-207.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Philadelphia: Open University Press.
- Norris, S., & Phillips, L. (2003). How literacy in its fundamental change is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240.
- Paludan, K. (2004). *Videnskaben, verden og vi: om naturvidenskab og hverdagstænkning*. Århus: Aarhus Universitetsforlag.
- Pfundt, H., & Duit, R. (1994). *Bibliography: Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Kiel: IPN.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Rivard, L. O. P. (1994). A review of writing to learn in science: Implications for practice and research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 969-983.
- Rowell, P. A. (1997). Learning in school science: The promises and practices of writing. *Studies in Science Education*, 30, 19-56.
- Rundgren, C.-J. (2006). Att börja tala 'biokemiska': Betydelsen av metaforer och hjälppord för meningsskapande kring proteiner. *NorDiNa*, 1(5), 30-42.
- Rundgren, C.-J., Hirsch, R., & Tibell, L. A. E. (2009). Death of metaphors in life science?: A study of upper secondary and tertiary students' use of metaphors in their meaning-making of science content. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10(1).
- Rutherford, F., & Ahlgren, A. (1989). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Scherr, R. E., Close, H. G., Close, E. W., Flood, V. J., McKagan, S. B., Robertson, A. D., & Vokos, S. (2013). Negotiating energy dynamics through embodied action in a materially structured environment. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research*, 8(2), 1-18.

- Solheim, R., Larsen, A. S., & Torvatn, A. C. (2010). Skrivekulturar på mellomtrinnet – tre dømme. In J. Smidt (Ed.), *Skriving i alle fag – innsyn og utspill* (pp. 39-65). Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Sutton, C. (1995). *Words, Science and Learning*. Buckingham: Open University Press.
- Taber, K. (1998). An alternative conceptual framework for chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20(5), 597-608.
- Taber, K. (2002). *Chemical misconceptions - prevention, diagnosis and cure: Theoretical background* (Vol. 1). London: Royal Society of Chemistry.
- Taber, K., & Watts, M. (1996). The secret life of the chemical bond: students' anthropomorphic and animistic references to bonding. *International Journal of Science Education*, 18(5), 557-568.
- Teichert, M., & Stacy, A. (2002). Promoting understanding of chemical bonding and spontaneity through student explanation and integration of ideas. *Research in Science Teaching*, 39(6), 464-496.
- Torvatn, A. C. (2008). Avskrift, mønstre og forbilder i skriveundervisningen. In I. J. Smidt & R. T. Lorentzen (Eds.), *Å skrive i alle fag* (pp. 147-157). Oslo: Universitetsforlaget.
- Wilensky, U., & Reisman, K. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories - An embodied modeling approach. *Cognition and Instruction*, 24(2), 171-209.
- Zembylas, M. (2004). Emotion Metaphors and Emotional Labor in Science Teaching. *Science Education*, 88(3), 301-324.