

# ”Marsianen och Jordingen” – ett redskap för elevers utforskande av materiens partikelnatur

Originalartikel

Astrid Berg<sup>1\*</sup>  & Inger Eriksson<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Linköpings universitet

<sup>2</sup> Stockholms universitet

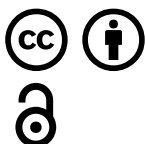
\*Korresponderande författare:  
Astrid Berg  
astrid.berg@liu.se

Forskning om undervisning och  
lärande, vol. 14, nr 1, 2026, 50–69  
DOI: [10.61998/forskul.v14i1.58725](https://doi.org/10.61998/forskul.v14i1.58725)  
ISSN: 2001-6131

Publicerad: 2026-03-31

© 2026 Författarna.

Denna artikel publiceras med öppen  
tillgång under villkoren i Creative  
Commons. Erkännande-licensen  
CC BY 4.0, som tillåter användning,  
spridning och reproduktion i vilket  
medium som helst, förutsatt att  
originalverket är korrekt citerat.



## Sammanfattning

Syftet med denna artikel är att, med utgångspunkt i lärandeverksamhet, analysera och diskutera, å ena sidan, vilka motsättningar mellan submikro- och makronivå som yngre elever erfar när de försöker förstå fenomenet smältning, och å den andra, på vilket sätt ett fantasifullt redskap – Marsianen och Jordingen – kan hjälpa elever att överbrygga motsättningar mellan vardagsföreställningar och teoretisk kunskap. Artikeln bygger på observationer från två lektioner i årskurs 4. Analysen fokuserar på situationer där elever relaterar submikroskopiska aspekter till observationer på makronivå. Tre motsättningar identifierades: att molekyler uppfattas som luft och finns inuti saker, att molekyler inte kan finnas i fasta ämnen eftersom de rör sig, samt att molekyler smälter när ämnet smälter. Resultaten visar även att eleverna använde Marsianen och Jordingen som en lärandemodell för att resonera om relationen mellan submikro- och makronivå.

**Nyckelord:** kemi, lärandeverksamhet, motsättningar, lärandemodellen Marsianen och Jordingen

## Abstract

The purpose of this article is to analyse the contradictions between macro and sub-micro levels that younger students encounter when trying to understand melting, and how an imaginative tool—the Martian and the Earthling—can support bridging everyday conceptions and scientific knowledge. The article is based on observations from two grade 4 lessons. The analysis focused on situations where students attended to sub-micro aspects of observed phenomena and related them to macro-level observations. Three contradictions were identified: molecules are understood as air and located inside objects, molecules move and therefore cannot exist in solid substances such as candle wax, and molecules melt when the substance melts. The results also indicate that students used the Martian and the Earthling as a learning model for reasoning about the relationship between sub-micro and macro levels.

**Keywords:** chemistry, learning activity, contradictions, the learning model Martian and Earthling

## Introduktion

I grundskolans kemiundervisning förväntas eleverna utveckla kunskaper om fenomen som inte enbart kan iakttas med sinnen, utan som också kräver modeller och begrepp för att observationerna ska bli begripliga. Ett känt problem är att elever tenderar att utgå ifrån att ämnets egenskaper på makronivå – exempelvis att is smälter – även gäller för ämnets byggstenar, det vill säga de kan uppfatta att även vattenmolekyler kan smälta (se t.ex. Andersson, 2008; Talanquer, 2008). De aspekter av materien som eleverna upplever med sina sinnen (makroskopisk nivå) skiljer sig från materiens osynliga byggstenar och processer (submikroskopisk nivå såsom atomers och molekylers rörelse, bindningar och interaktioner). Elevernas vardagsupplevelser av hur ämnen beter sig på makronivå kan leda till att det uppstår en motsättning mellan deras vardagliga erfarenheter och den nya kunskap de ställs inför. Att förstå kemiska fenomen förutsätter att eleverna både kan utveckla en teoretisk förståelse av submikronivån och kan ”röra sig” mellan olika beskrivningsnivåer. Det kan ses som en central didaktisk utmaning för lärare att hjälpa eleverna att överkomma sådana motsättningar så att de kan ”se” och förstå det som händer på submikroskopisk nivå som relaterat till det de ser på makronivå. Den grundläggande didaktiska utmaning som undervisningen i kemi behöver hantera handlar alltså om att hjälpa eleverna att urskilja:

- a. ett ämne som ett system av delar (partiklar; atomer/molekyler),
- b. submikronivån och dess modeller som redskap för att förklara fenomen som observeras på makronivån,
- c. att ämnets egenskaper (makronivå) uppstår från partiklarnas interaktioner (submikronivå), och därmed
- d. att ämnets egenskaper skiljer sig från de egenskaper som den enskilda partikeln har (koppar, men inte kopparatomer, kan ärga eller att is men inte vattenmolekyler kan smälta).

Att urskilja dessa aspekter innebär att, med kunskaper om partiklar, kunna föreställa sig vad som pågår på submikronivån och hur detta tar sig uttryck på makronivån och vice versa. Med andra ord handlar det om att kunna inta och obehindrat växla mellan ett makro- och submikroperspektiv.

Föreliggande artikel bygger på data från ett undervisningsutvecklande forskningsprojekt i årskurs 4 där eleverna, under en laboration med olika ämnen, introducerades till ett fantasifullt redskap – *Marsianen och Jordingen* (Vysotskaya m.fl., 2016, beskrivs närmare nedan) för att möjliggöra ett utforskande av hur observationer på makronivå kan förstås i termer av processer på submikroskopisk nivå – med andra ord om Marsianen kunde hjälpa eleverna att ”se” partiklar och deras interaktioner.<sup>1</sup>

Syftet med artikeln är att, med utgångspunkt i lärandeverksamhet (Davydov, 2008), exemplifiera och diskutera, å den ena sidan vilka motsättningar mellan makro- och submikronivå som kommer till uttryck, å den andra hur eleverna, med stöd av redskapet *Marsianen och Jordingen*, aktivt försöker överbrygga dessa motsättningar.

---

<sup>1</sup> Delar av data, inklusive figurer, har tidigare presenterats i en utvecklingsrapport (Hultén m.fl. 2020). Den här artikeln bygger dock på en ny fördjupad analys med fokus på begreppet motsättning och kulturella redskap i linje med Radford (2021) och Ilyenkov (2007).

## **Bakgrund**

Att förklara observationer på makronivå med hjälp av submikronivåns modeller utgör själva kärnan i kemi som disciplin. Samtidigt visar forskningen att elever har svårt att urskilja och förstå materiens makroskopiska och submikroskopiska nivå och hur de är kopplade till varandra (Newman, 2013). Som en del av detta har elever svårt att visualisera kemiska processer på submikronivå även i de fall de kan beskriva dem med reaktionsformler (Andersson 2008). De har också svårt att förstå innebörden av submikronivåns modeller och därmed svårigheter att använda dessa för att förklara observationer av fenomen på makronivå (Johnson, 2012; Keiner & Graulich, 2021; Taber, 2005; Talanquer, 2008). Konsekvensen av detta blir att elever, när de ombeds förklara fenomen, tenderar att fokusera på vad de ser och beskriver detta med hjälp av makro-begrepp från vardagen. Elevernas kunskaper om ämnets egenskaper på makronivå – exempelvis att vatten kan koka och att koppar ärgar – uppfattas även gälla ämnets byggstenar på submikroskopisk nivå – vattenmolekyler kan koka, kopparatomer ärgar (se Andersson, 2008; Talanquer, 2008, 2018a-b). Detta beskrivs av Newman (2013) som att eleverna har svårt att urskilja den emergenta karaktären på relationen mellan submikro- och makronivå, det vill säga att de egenskaper vi observerar hos ett ämne på makronivå uppstår från partikelsystemets sammansättning och struktur. Partiklarna i sig saknar ämnets egenskaper (Newman, 2013; Tümay, 2016). Att förstå detta är, med andra ord, en förutsättning för att kunna skapa vetenskapligt korrekta förklaringar av kemiska fenomen. En annan vanlig elevuppfattning är att det finns partiklar i ämnet (till exempel vattenmolekyler i vattnet) och att ämnet, snarare än partiklarna, utgör gränssnittet mot omgivningen på submikronivå (se Andersson, 2008).

Trots att laborationer under en lång tid har varit en stor del av skolans kemiundervisning (Högström m.fl., 2006), och speciellt i de tidigare åren (Persson, 2003), verkar det inte hjälpa elever att relatera observationer på makronivå till modeller och formler som beskriver submikronivån. En anledning till detta kan vara att modellerna presenteras som fakta att lära sig utantill, snarare än som ett verktyg för att förklara och förutsäga observationer (Andersson & Bach, 1995; Lindner & Redfors, 2007; Windschitl m.fl., 2008). En annan problematik handlar om att en (alltför) stor del av laborationer ägnas åt instruktioner och praktiskt arbete, medan reflektioner kring vilka osynliga processer på submikronivå som ger upphov till observationerna mer sällan fokuseras på (Abrahams & Millar, 2008; Berg m.fl., 2010; Gunnarsson, 2007; författare). Det kan också finnas ett förgivettagande inbyggt i undervisningstraditionen som handlar om att fenomenet förklarar sig självt i observationen (Abrahams & Millar, 2008; Berg m.fl., 2010; Bergqvist & Säljö, 1994;). En annan aspekt handlar om vilken roll laborationen har i undervisningen; ska den endast ge en erfarenhet av ett specifikt fenomen eller bilda utgångspunkt för reflekterande samtal om hur observationerna kan förstås som indikationer på händelser på submikronivå.

Mot bakgrund av ovan beskrivna problem har en mängd forskningsstudier genomförts med syfte att utveckla laborationspraktiken så att den bättre hjälper elever att växla mellan ett makro- och submikroperspektiv. Ett flertal studier har fokuserat på att hjälpa elever att visualisera kemiska system på submikronivå och relatera dem till händelser på makronivå. En del av dessa studier handlar om att integrera observationer av fenomen med representationer av submikronivån så som statiska bilder, animationer, fysiska modeller, simuleringar och Virtual Reality (se t.ex. Laohapornchaiplan & Chenprakhon, 2024). Andra studier har tagit fasta på att elevers lärande främjas när de får skapa egna representationer av sin förståelse (se Ainsworth m.fl., 2011; Berg m.fl., 2019; Tytler m.fl., 2020). I dessa studier har forskarna låtit eleverna skapa egna representationer av submikronivån för att förklara makronivåns observationer. Exempelvis visar flera studier att när elever skapar teckningar av kemiska processer på submikronivå främjar detta

resonemang om det observerade fenomenets underliggande processer på submikronivå (de Andrade m.fl., 2022; Berg & Hultén, 2023; Sundberg m.fl., 2025; Zhang & Linn, 2011, 2013).

Utöver utveckling av själva laborationspraktiken förespråkas även vikten av att introducera submikronivån redan i skolans tidigare årskurser (se Haeusler & Donovan, 2020; Löfgren, 2009; Moreira m.fl., 2019; Samarapungavan m.fl., 2017). Samarapungavan med kollegor (2017) betonar att betonar att begrepp om materia med fördelsamtidigt kan utvecklas på makro- och submikronivå “children’s macroscopic and (sub)microscopic concepts of matter should be viewed as co-developing rather than sequential” (s. 992). Detta kan ses som ett argument för att introducera enkla partikelmodeller tidigt i grundskolan.

### ***Teoretiska utgångspunkter – lärandeverksamhet***

Lärandeverksamhet med sina rötter i Vygotskys (1986) kulturhistoriska teori och Leonti’evs (1978) verksamhetsteori utgör en särskild typ av verksamhet (Repkin, 2003). Det övergripande syftet med lärandeverksamhet är utveckling av elevernas ämnesspecifika teoretiska tänkande. Lärandeverksamhet kan därmed ses som en ämnesdidaktisk teori som ger grund för att organisera innehåll, uppgifter och kommunikation i klassrummet, vilket i sin tur skapar förutsättningar för att elever, tillsammans med lärare, kan arbeta inom det som Vygotsky (1986) beskriver som den *närmaste utvecklingszonen* (mest känt som *zone of proximal development*, ZPD; Vygotsky, 1986). ZPD tolkas ofta snävt som en individuell process där eleven först klarar av att lösa vissa problem med stöd av en mer kunnig person för att senare kunna utföra utför liknande problemlösningar självständigt. En sådan tolkning bortser från det faktum att alla handlingar, även de som verkar individuella, har ett socialt ursprung och sammanhang. Tänkande ses som ett resultat av ett yttre socialt grundat handlande som omvandlas till ett inre mentalt handlande – ett tänkande (Zuckerman, 2003). Som Davydov (1990) betonar är teoretiskt tänkande inte begränsat till abstrakt verbal kunskap, utan är djupt kopplat till människans förmåga att rationellt lösa problem genom att skilja mellan det inre och det yttre, mellan det observerbara och det strukturella. Denna distinktion är avgörande i undervisningen, där eleverna måste gå bortom rutinmässiga förfaranden och engagera sig i att utforska grundläggande strukturer och relationer. För att kunna ta till sig teoretisk kunskap måste eleverna således kunna utforska och identifiera generella samband och strukturer med hjälp av medierande redskap.

För att etablera en lärandeverksamhet i klassrummet behöver läraren skapa innehållsspecifika problemsituationer, gärna i det som van Oers (2013) talar om som lekfullt format (playful format, se t.ex. Lompscher, 1999; Repkin, 2003; Zuckerman, 2003). En stark drivkraft för elevers engagemang är att läraren skapar problemsituationer där eleverna ställs inför motsättningar som kräver att de analyserar, utforskar, reflekterar och utvärderar dem (Ilyenkov, 2007; Radford, 2021). Som Ilyenkov (2007) påpekar bör uppkomsten av en motsättning inte undvikas utan ses som en möjlighet som kan aktivera ett produktivt tankearbete. I linje med detta hävdar Davydov (1990) att lärande börjar när det finns en motsättning mellan elevernas vardagsförståelse och de begreppsmässiga kraven i den nya problemsituationen. Lärarens roll är därför att identifiera och utnyttja denna typ av motsättningar så att eleverna dras in i ett teoretiskt arbete för att lösa dessa. En motsättning uppstår exempelvis ofta när elevernas vardagsföreställningar ställs på ända när de ställs inför en situation där deras tidigare kunskaper inte längre fungerar. I relation till kemi kan elevers vardagliga erfarenheter av att se stearin smälta, vatten koka och kol brinna ge upphov till kognitiva motsättningar när de möter förklaringar att stearinmolekyler inte smälter, att vattenmolekyler inte kokar och att kolatomer inte brinner. Lärarens uppgift är inte att berätta eller visa hur det förhåller sig, utan att stödja elevernas teoretiska problemlösande arbete, där redskap som scheman, ritningar eller fysiska konstruktioner kan fungera

som lärandemodeller. I Vysotskayas och hennes kollegors (2016) arbete fick eleverna möta ett lekfullt redskap i form av en *Marsian* som kommer till jorden iförd sin rymddräkt. Rymddräkten förhindrar Marsianen från att lukta, höra, smaka och taktilt känna på saker så som vi *Jordingar* kan göra. Vidare kan Marsianen inte se det som vi med våra ögon kan se. Marsianen ser istället endast molekyler (se figur 1). Marsianen och Jordingen har alltså potential att få motsättningar, som kanske inte annars skulle komma till ytan, att framträda. Men redskapet kan också fungera som lärandemodell för att eleverna ska kunna bearbeta sådana motsättningar och därmed hjälpa dem att fantasifullt utforska den submikroskopiska världen.

## Metod

Underlaget för denna artikel kommer från ett undervisningsutvecklande forskningsprojekt Nytt lärande genom animerad kemi finansierat av Skolforskningsinstitutet (dnr 2017-2019; Hultén m.fl., 2020). Projektet genomfördes i en liten klass – sammanlagt nio elever – på en landsbygds-skola. Totalt genomfördes två lektionsserier om vardera sex lektioner. Den första lektionsserien genomfördes på våren när eleverna gick i årskurs 3 och den andra på hösten när de gick i årskurs 4. Samtliga lektioner i de båda sekvenserna dokumenterades med tre videokameror och tre separata mikrofoner. Syftet var att fånga elevernas verbala och icke-verbala interaktioner med varandra, med läraren och med de redskap de hade till sitt förfogande. Under lärarledda genomgångar riktades samtliga kameror mot läraren. När eleverna arbetade i grupper (3 elever/grupp) riktades de tre kamerorna mot de tre olika grupperna och en mikrofon placerades på vardera grupps bänk. Videofilmerna kompletterades med stillbilder av de texter och illustrationer som eleverna skapade under lektionerna. Det är data från höstterminens lektionssekvens som vi har analyserat.

Forskningsprojektet följde Vetenskapsrådets (2017, 2024) etiska rekommendationer. Skriftlig information skickades till elevernas vårdnadshavare inklusive en beskrivning av projektet, ett samtyckesbrev avseende video- och ljudupptagning av eleven i klassen samt information om att de hade möjlighet att när som helst återkalla sitt samtycke. Allt datamaterial, inklusive samtyckesblanketter, hanteras och lagras enligt gällande regler vid Linköpings universitet.

## Lektionerna

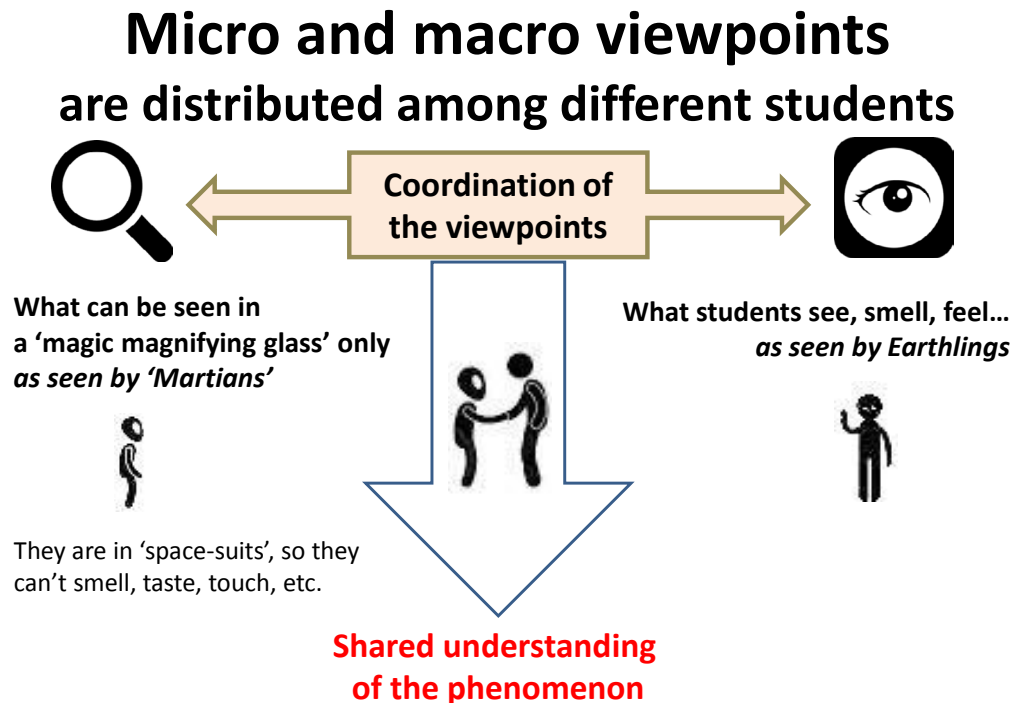
Undervisningen i de båda två lektionsserierna fokuserade på att utveckla elevernas förståelse för partikelmodellen och hur det kan användas för att förklara observerbara fenomen så som fasövergångar. Båda lektionsserierna omfattade allt från ett undersökande arbete till en animering av en process.

Under vårterminen arbetade eleverna med luftens egenskaper vid uppvärmning. Eleverna genomförde då enkla experiment med bland annat en glasflaska och en ballong, vilket blev en grund för att, med lärarens stöd, i en animeringsprocess utveckla en första partikelmodell där begreppet molekyl introducerades (Hultén m.fl., 2010).

Den andra lektionsserien om totalt sex lektioner genomfördes således under höstterminen i årskurs 4 och byggde vidare på vårens arbete, men breddades till att omfatta smältning av fyra olika ämnen som eleverna mötte i fast form: stearin, vatten, kokosolja och rapsolja. Syftet var att vidareutveckla elevernas förståelse för hur tillförsel av värmeenergi kan förändra materia och hur skeenden på makronivå kan relateras till en submikroskopisk nivå. Till skillnad från vårens lektioner kompletterades höstens undervisning dessutom med Marsianen och Jordingen. Redskapet var tänkt att fungera som en lärandemodell i elevernas utforskande arbete (figur 1).

Figur 1

Illustration över hur Marsianen och Jordingen är tänkt att fungera





Not: Figuren beskriver Marsianens respektive Jordingens perspektiv. Bilden är reproducerad med tillstånd av Vysotskaya och hennes kollegor (2016).

De två fantasifigurerna Marsianen och Jordingen symboliserades på ett arbetsblad (se figur 2) med en spalt med ett öga (det Jordingen kan se och förnimma med sina sinnen) och en spalt med ett förstoringsglas (det Marsianen kan se på submikroskopisk nivå). Arbetsbladet hade dessutom tre rutor eller fält för vardera Jordingen och Marsianen med rubrikerna *Före*, *Något händer* och *Efter* (Vysotskaya m.fl., 2016). Syftet med redskapet var att stödja elevernas förmåga att skilja på makro- och submikronivå och att förstå relationen däremellan genom att beskriva vad som sker på respektive nivå före, under och efter ett fenomen, som till exempel smältning.

Under lektion 1 undersökte eleverna en stearinstump och diskuterade vad Marsianen skulle kunna se, vilket blev en ingång till att pröva relationen mellan makro- och submikronivå. Lektion 2 fokuserade på experiment där eleverna värmdes de fyra olika ämnena och dokumenterade sina observationer. Under lektion 3 introducerades begreppet sammanhållande krafter som en möjlig förklaring till varför ämnen beter sig olika vid uppvärmning. Eleverna arbetade också med arbetsbladet för att beskriva vad Jordingen ser när is smälter. Under lektion 4 återupptog eleverna arbetet med stearin, nu med stöd av arbetsbladet för att beskriva vad Marsianen ser före, under och efter uppvärmning. Lektion 5 byggde vidare på samma struktur men med fokus på vad Marsianen ser när en isbit värms upp. Den avslutande lektion 6 ägnades åt att eleverna animerade sina resonemang utifrån en storyboard som sammanfattade deras arbete. I denna artikel analyseras i första hand data från lektion 1 och 4, där elevernas arbete tydligast synliggörs hur de tog i bruk Marsianen och Jordingen som en lärandemodell för att bearbeta innehållsliga motsättningar.

Figur 2

Rekonstruktion av arbetsblad med exempel på elevsvar

	 Det här kan du se, känna, lukta, höra (makro).	 Det här ser marsianen (mikro).
Före	Vi la in flaskan i frysen sen tog vi ut den ur frysen. Vi satte på ballongen.	<input type="checkbox"/> M rörde sig långsamt.
Något händer	Ballongen växte <input type="checkbox"/> M tog större plats, för det vart varmt.	<input type="checkbox"/> M rörde sig snabbare <input type="checkbox"/> är mer utspridda.
Efter	Vi höllde varmt vatten på flaskan <input type="checkbox"/> ballongen växte snabbare.	<input type="checkbox"/> M är utspridda i hela flaskan <input type="checkbox"/> Dom rör sig mycket snabbare.

Not: Arbetsbladet skiljer på makronivå och submikronivå. Ögat symboliserar vad som kan observeras av Jordingen och förstoringsglasat vad som kan observeras av Marsianen. Eleverna beskriver vad som hände före, under och efter försöket med glasflaskan och ballongen som ett sätt att träna på att använda arbetsbladet.

### Analys

Bearbetningen av lektion 1 och 4 genomfördes i två steg. Först transkriberades materialet. I transkriptionsarbetet strävade vi efter att fånga den muntliga kommunikationen, kompletterad med gester och intonation (Radford, 2010; Roth & Radford, 2011). Vi strävade efter en ordagrann, språkligt neutral och dialogiskt organiserad transkription (Linell, 1994). Både transkriptionerna och videoinspelningarna användes i analysen. Transkriptionen organiserades i analytiska avsnitt där motsättningar framträdde.

I det andra steget inriktades analysen mot att identifiera och innehållsligt beskriva de motsättningar som framträdde i elevernas redskapsmedierade kommunikativa handlingar (Radford, 2021). För att identifiera motsättningar letade vi efter situationer där en eller flera elever stoppade upp, fick problem med sina förklaringar och argument, tvekade eller på annat sätt visade att deras vardagsförståelse inte fungerade ihop med de teoretiska modellerna eller förklaringarna. Särskild uppmärksamhet ägnades åt tecken på växling mellan perspektiv samt åt på vilket sätt Marsianen och Jordingen kunde fungera som lärandemodell för att hantera motsättningarna.

## Resultat

Resultatet presenteras i relation till de tre identifierade motsättningarna som belyser hur eleverna, med hjälp av Marsianen och Jordingen som lärandemodell, kollektivt bearbetade innehållsliga motsättningar kring materiens uppbyggnad och omvandling på makro- och submikronivå. Varje identifierad motsättning inleds med en narrativ beskrivning av den aspekt eleverna arbetade med, följt av en analys av vilken eller vilka motsättningar som blev synliga, hur de drev resonemangen framåt och på vilket sätt de löstes eller dröjde kvar i elevernas gemensamma arbete. Tyngdpunkten ligger på hur spänningar mellan vardagliga föreställningar och förståelse av begreppet molekyl aktualiserades, där eleverna använde Marsianen och Jordingen för att pröva, utmana och fördjupa sitt tänkande.

I det följande presenteras i kronologisk ordning de tre motsättningar som har identifierats. De två första motsättningarna är hämtade från lektion 1 och den sista från lektion 4.

### ***Motsättning 1: Molekyler förstås som luftmolekyler och finns inuti saker***

Under lektion 1, introducerar läraren Marsianen och Jordingen (figur 1) och arbetsbladet (figur 2). Därefter berättar hon att de under hösten ska pröva detta redskap genom att undersöka vad som händer när man värmer olika ämnen. Hon säkerställer först att eleverna kommer ihåg att de arbetade med luftmolekyler under vårterminen. Sedan tar hon fram vad hon beskriver som ”tre vita klumpar”. Varje grupp får sedan varsin stearinstump medan läraren frågar hur Marsianen ser stearinstumpen.

#### **Excerpt 1**

Läraren: Vad kan du [som Jording] se, känna och lukta? Vilken färg? Har den färg? ... Färg kan inte Marsianen se, men det kan du.

Läraren delar ut ett arbetsblad till de tre grupperna och förklarar att eleverna endast ska arbeta med rubriken Före.

Eleverna undersöker stearinbiten. Efter en stunds diskussioner konstaterar de att som Jordingar kan de se att den är vit, cylinderformad och luktar stearin. Att beskriva vad Marsianen ser är däremot inte lika lätt. Alla elever var inte på det klara med att stearinstumpen består av molekyler.

#### **Excerpt 2**

Läraren: Fundera på vad Marsianen ser, den ser inte bordet, eller någonting, vad ser den?  
 George: Molekyler.  
 Gunnar: [Protesterande] Det där [stearinstumpen] kan ju inte vara molekyler, då ser den [Marsianen] inte stearingrejen.  
 Läraren: Vad är den då [om den inte är molekyler]?  
 Gunnar: Ett stearinljus.  
 Läraren: [Håller upp stearinstumpen] Vad ser den [Marsianen] om den ser de här molekylerna?  
 Gordon: [Den] ser genomskinligt.  
 Gunnar: [Tveksamt] Den kanske inte kan se den där alls eftersom den är en bara [ohörbart].  
 Gordon: [Instämmande] Men den borde vara genomskinlig som flaskan är.

Ur excerpt 2 framträder en motsättning som verkar bottna i att eleverna, speciellt tydligt i Gunnars sätt att uttrycka sig, uppfattar molekyler kopplat till vårens arbete med luft och luftmoleky-

ler. Under diskussionen blir även Gordon osäker och också han tycks göra en koppling till arbetet med den frusna ballongflaskan (under vårterminen i åk 3) när han säger att stearinstumpen borde vara genomskinlig som flaskan är för att Marsianen skulle kunna se molekyler. Denna förståelse botten tydligt i elevernas tidigare arbete som enbart handlade om luftmolekyler och att det då inte aktualiserades huruvida också flaskan (och andra ämnen eller föremål) består av molekyler. I samtalet framstår det därför som möjligt för eleverna att förstå molekyler som något som hör samman med luft och som finns i något genomskinligt som man kan titta in i, så som en gasflaska. Stearinbiten är inte genomskinlig, och därmed kan Marsianen inte titta in i den.

Situationen ger läraren skäl att lyfta frågan till hela klassen genom att säga ”vi kom till ett problem här”:

### Excerpt 3

- Läraren: George sa så här att han tror att Marsianen ser molekyler [när han tittar på stearinklumpen]. Gunnar trodde inte det, han säger att det här är stearin men George håller fast vid att det är molekyler, att molekyler inte bara finns i luften utan att det finns på fler ställen. Mm? [...] Är det någon mer än George som tänker att molekyler finns någon annanstans än i luft?
- En elev: Ja-a men kanske inte just i stearin.

Även Greta, som arbetar i en annan grupp, kopplar begreppet molekyler till luft i det att hon säger att man inte ”kan andas stearinljus”. Vidare ger Greta uttryck för att luft är viktlöst ”Molekyler väger ju ingenting ... Den här [stearinbiten] väger ju”. I hennes resonemang används därmed erfarenheter av luft för att avgöra vad som kan bestå av molekyler.

Läraren upptäcker att elevernas erfarenheter från vårterminen ger upphov till en motsättning mellan submikro- (luftmolekyl) och erfarenhetsnivå (luft). En motsättning som läraren försöker hantera genom att fråga eleverna om de ”har fastnat på luftmolekyler?” och om ”det kan finnas molekyler någon annanstans?” På den förnyade frågan svarar några elever att det kan finnas molekyler i marken, i en penna, i vatten och i en ballong. Även om eleverna med dessa exempel ger uttryck för att molekyler kanske inte enbart handlar om luft så kvarstår idén med att molekyler finns ”i” saker. Läraren formulerar om sin fråga till ”finns det något annat som består av molekyler” och detta ger samtalet en ny riktning:

### Excerpt 4

- En elev: Kroppen.
- Läraren: Kroppen. Mer? Greta?
- Greta: Men du menar att det finns andra molekyler?
- Läraren: Jag menar att nu är ni på rätt spår. Och du med.
- Greta: Men vänta här. Om det finns andra molekyler, då kan ju den där grejen, mikro, tennisracket [pekar på förstöringsglaset i arbetsbladet] se ljuset fast inte själva formen? Jamen du fattar vad jag menar.
- Läraren: Jag fattar vad du menar, du får förklara så andra fattar.
- Greta: Ja men, om det är molekyler häri, eftersom den där bara kunde se molekyler, då borde den kunna se molekyler som är härinne, fast inte själva ... du fattar. För annars om ...
- Läraren: Inte ser färgen.
- Greta: Näe.
- Läraren: Inte själva stearinet.

- Greta: Näe.  
 Läraren: Utan bara molekyler och hur kan de se ut.  
 Greta: Runda prickar.

I excerpt 4 börjar eleverna bearbeta motsättningen som har uppstått mellan deras tidigare erfarenheter av luftmolekyler och idén om att också fasta ämnen, som stearin, består av molekyler. Lärarens omformulerade fråga tillsammans med den ena elevens förslag blir en utlösande faktor som gör det möjligt för Greta att uppmärksamma att också stearinet består av molekyler. Genom att använda Marsianen och Jordingen som lärandemodell kan hon pröva Marsianens blick på stearinbiten och börja skilja mellan dess synliga yttre form och dess osynliga partikelstruktur. Därmed uppmärksammas relationen mellan makro- och submikronivå som något som behövs hanteras i gruppens fortsatta resonemang. Läraren stöttade detta arbete genom att uppmana eleverna att formulera och dokumentera vad Marsianen faktiskt kan se.

***Motsättning 2: Molekyler rör på sig och kan inte finnas i en stearinklump som ju är fast***

Även om eleverna visar en begynnande förståelse för att olika material och saker kan bestå av molekyler framträder för Gunnar och Gordon en annan motsättning som de försöker bearbeta under lektion 1. Denna motsättning bottnar i deras kunskap om att luftens molekyler alltid rör sig, vilket leder till ett resonemang om att Marsianen nog ändå inte kan se stearinstumpen eftersom den är i fast form:

**Excerpt 5**

- Gordon: Är det fast så här [kramar händerna om varandra] då kan det inte finnas molekyler, molekyler rör sig ju [öppnar händerna och lyfte upp händerna] [...]  
 Gunnar: [håller i stearinbiten] Ja, då skulle den här bara [för stearinbiten fram och tillbaka över bordet och sedan i luften].

Båda pojkarna i excerpt 5 förklarar för läraren, som nu återvänt till deras bord, att Marsianen inte ser stearinklumpen. Läraren bekräftar detta genom att säga "Han ser ju inte det här själva vita, men den ser ju någonting" samtidigt som hon håller i stearinbiten och pekar på den. Lärarens påstående ger upphov till att Gunnar prövar en ny tanke "Den kanske ser molekyler, om det finns det i, så kanske den ser dem". Excerpt 6 visar hur läraren försöker hjälpa dem att urskilja att luftmolekyler och stearinmolekyler är olika slags molekyler:

**Excerpt 6**

- Läraren: Alltså om det här, om det är luftmolekyler här runt omkring [viftar med armarna i luften], för det är det ju här [...] och så står den där där [placerar stearinbiten på bordet]. Det är inte luftmolekyler [pekar på stearinbiten].  
 [...]  
 Gunnar: Näe.  
 Läraren: Det är andra molekyler. Men den [Marsianen] ser de andra molekylerna och sen luftmolekylerna runtomkring [rör händerna i skakande rörelse runt stearinbiten].  
 [...]  
 Gunnar: Så om du ser, om det är såna i den [pekar på stearinbiten].  
 Läraren: Mm ... Hur kan de se ut?

- Gunnar: De kan ... om den är en molekyl eller nånting, då kanske man ser andra färger eller nånting.  
 Läraren: Kanske det.  
 Gunnar: Så då kanske de är typ röda eller nånting.  
 Läraren: Ja men, skriv det.

I excerpt 6 är det tydligt hur den ursprungliga motsättningen — att molekyler främst förknippas med luft — inte längre är lika framträdande. Däremot är tanken om att molekyler finns *inne i* stearinbiten fortfarande svår att släppa. I diskussionen i excerpt 6 triggas arbetet med lärandemodellen en annan begreppslig motsättning. Gordon och Gunnar formulerar den när de senare konstaterar att molekyler alltid rör sig ”Molekyler rör sig ju. Är det fast så här [kramar händerna hårt] så kan det inte finnas molekyler”. Här blir fasthet och rörelse två egenskaper som eleverna uppfattar som oförenliga, vilket utmanar deras förståelse av fast materia. Läraren, som kanske ser att eleverna är på väg att fördjupa sin förståelse, bidrar till att hålla motsättningen levande genom att skilja mellan luftmolekyler och andra molekyler ”Det är inte luftmolekyler ... Det är andra molekyler”. Detta förefaller att öppna för Gunnar att pröva tanken att fasta ämnen kan bestå av andra typer av molekyler: ”Så då kanske de är typ röda eller nånting”. Sammantaget visar denna del av samtalet hur den nya motsättningen driver arbetet vidare. Eleverna behöver nu förstå att även ett ämne i fast form består av molekyler men att molekylernas rörelse ser annorlunda ut jämfört med luftmolekylernas. Här möjliggör Marsianen som en lärandemodell dem att pröva skillnader i att molekyler både kan vara av olika sorter och att deras beteende kan variera, vilket kan ses som ett nästa steg i att differentiera elevernas förståelse av materia.

I slutet av lektion 1 presenterar eleverna sina resultat på tavlan. Greta ritar konturerna av stearinbiten och sedan placerar Greta, Gunilla och Görel magneter (representerar stearinmolekyler) innanför den gröna konturlinjen (se figur 3). Greta förtydligar att Marsianen inte ser den gröna linjen men att de ”ritade upp den så att man fattar”.

### Figur 3

*Greta, Gunilla och Görels representation av hur stearinbiten gestaltar sig för Marsianen*



Gordon och Gunnar följer med i flickornas förklaringar och Gordon viskar att ”de [molekylerna] är röda”. När det blir deras tur att redogöra för hur de har resonerat skapar de i stort sett en identisk representation men för ett resonemang om att molekylerna har en annan färg [troligen en annan än ”luftmolekyler”]:

#### Excerpt 7

- Gunnar: Om det finns molekyler i den här ... stearinljuset kanske de har en annan färg som den här, den här, grejen kan se [pekar på förstoringsglasat – symbolen för Marsianen].
- Gordon: Att den där Marsianen som kunde se olika färger på molekyler eller nåt.

Av excerpt 7 framgår att Gunnar och Gordon använder Marsianen och Jordingen som lärandemodell för att pröva idén med att det kanske finns molekyler ”i den här” även om de fortfarande förefaller vara osäkra på detta. Vidare framgår att deras förklaring i motsats till flickornas fortfarande hänger kvar vid föreställningen att de eventuella molekylerna måste finnas inne i stearinklumpen. Läraren frågade sedan pojkar hur de tror att ”molekylerna i stearinbiten ser ut”:

#### Excerpt 8

- Gunnar: Kanske lite taggiga och röda.
- Läraren: Varför tänker du att de behöver vara taggiga?
- Gordon: För att de är olika ... nä ...
- Gunnar: För att det ska se olika ut för de här [pekar på en magnet].
- Läraren: De ska se ... har det någon betydelse om de är taggiga eller runda ... i den där stearinbiten.
- Gordon: Näe ...
- Läraren: Nähe, jag trodde ni var inne på att de var taggiga för att hålla ihop.
- Gunnar: Näe ...

Det framstår här som att tanken på att stearinmolekylerna kan vara lite taggiga uppstod när de skulle försöka förklara varför Marsianen kunde skilja stearinmolekylerna från luftmolekylerna (excerpt 8). När de har satt sig igen förklarar Gunnar för Gordon varför han hade föreslagit att stearinmolekylerna är taggiga:

#### Excerpt 9

- Gunnar: Jag tänker ändå att de är taggiga och röda.  
[...]
- Gordon: För att de är olika.
- Gunnar: Ja alltså de ska ha olika form och olika färger.
- Gordon: Ja, så att inte alla ser likadana ut.
- Gunnar: Ja, för att luftmolekyler ser ut, de kanske är runda och har typ någon annan färg, och de där är röda och taggiga eller någonting.

Sammanfattningsvis visar excerpt 9 hur Marsianen och Jordingen fungerar som en lärandemodell för att försöka hantera motsättningen och pröva tanken att olika slags materia kan bestå av olika typer av molekyler med skilda egenskaper. Om så inte vore fallet skulle Marsianen inte kunna skilja mellan luft och stearin. För att förstärka denna skillnad lägger Gunnar till en variation i molekylernas form: stearinets molekyler har inte bara en annan färg, utan de är också

”taggiga” i kontrast till luftens ”runda” (excerpt 9). Gordon bekräftar Gunnars resonemang när han fyller i att molekylerna behöver se olika ut ”så att inte alla ser likadana ut”. För Gordon och Gunnar kvarstår dock motsättningen som bottnar i deras föreställning att molekylerna finns inne i stearinet.

### **Motsättning 3: Molekylerna smälter när ämnet smälter**

Den tredje motsättningen uppstår under lektion 4. Denna lektion har, som framgått av meto-  
davsnittet, föregåtts av två andra lektioner under vilka eleverna har experimenterat med att  
tillföra värmeenergi till ämnen i fast form och då både diskuterat vad sammanhållande krafter  
är och att den är olika stark mellan olika slags molekyler. Under de två föregående lektionerna  
hade klassen enats om att de kunde symbolisera att molekylerna rör sig genom att rita taggiga  
streck runt om molekylen som symboliserades med bokstaven M.

Nu under den lektion 4 ska eleverna återigen fokusera på stearin. Läraren förklarar att de i  
arbetsbladet med de tre rubrikerna Före, Något händer, och Efter ska rita och beskriva vad Mar-  
sianen ser när stearinet värms upp. Under detta arbete uppstår en motsättning som handlar om  
att det är svårt för eleverna att inte tänka att det är molekylerna på submikronivån som smälter  
då de i vardaglig mening ser att stearinet på makronivå smälter:

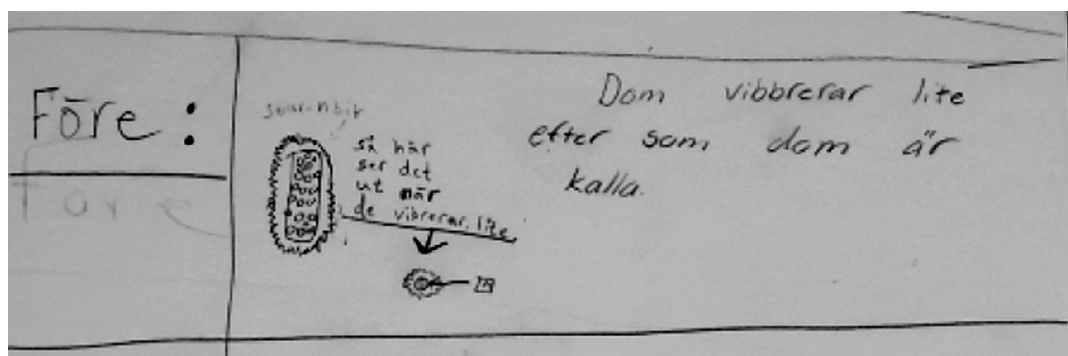
#### **Excerpt 10**

Läraren: Kommer ni ihåg ”Före”, hur såg det ut först, när vi tog ut det ur frysen. Något händer och  
Vad händer sen, nu är det mikro ... nu ska ni tänka och titta som en Marsian.

I Gretas grupp diskuterade flickorna vad de ska skriva under rubriken Före. De ritade konturen av  
stearinbiten och markerar molekylerna inuti som cirklar (figur 4). Görel drar sedan en pil från  
stearinbiten och ritade en enskild ”molekyl” omgiven av ett zick-zack-mönster — den överens-  
komna symbolen för att visa rörelse. Hon ritade också till en fyrkant med bokstaven ”M” inuti,  
ytterligare en gemensam symbol för att beteckna molekyler. Greta kompletterar bilden med en  
förklarande text: ”Så här ser det ut när de [molekylerna] vibrerar lite” och ”dom vibrerar lite ef-  
tersom de är kalla”. En av eleverna ritade dessutom vibrationssymboler runt hela stearinbiten. På  
så sätt synliggör eleverna både molekylernas aktivitet — att de vibrerar — och deras egenskap  
— att de är kalla.

#### **Figur 4**

Gretas, Görels och Gunillas beskrivning av vad Marsianen ser när den ser stearinbiten före uppvärmning



I nästa steg ska Greta, Görel och Gunilla beskriva vad som händer när de tillför värme. Inledningsvis talar de i vardagliga (makro)termer om att molekylerna smälter:

#### Excerpt 10

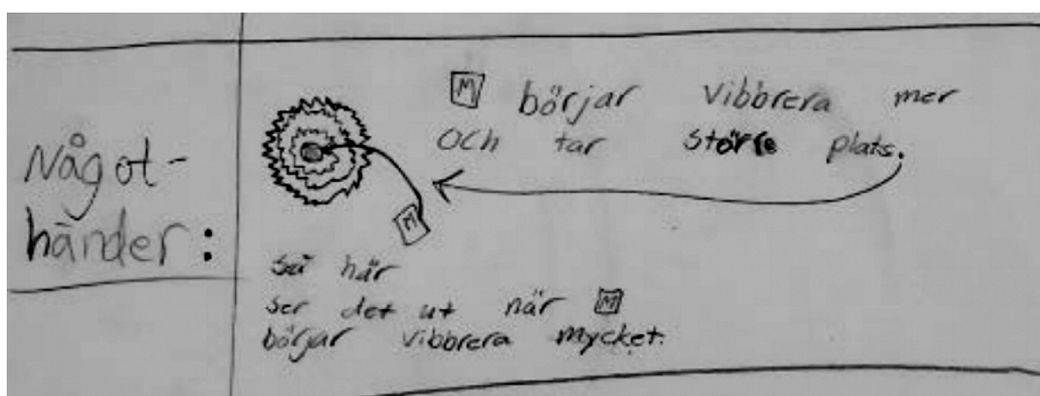
- Görel: Ja, något händer.  
 Gunilla: De börjar smälta.  
 Görel: De, den börjar ... börjar den smälta där.  
 Greta: Den vibrerar jättemycket och börjar smälta och tar jättestor plats.  
 Görel: Den, den börjar vib... nää.  
 Gunilla: Vi kan skriva den börjar smälta och vibrera mer. Den börjar vibrera mer och smälta.  
 Greta: Nää, den vibrerar mer och smälter och tar större plats.

Greta upptäcker att det är ett problem i deras resonemang: ”Nej, men det är ju molekylerna! [som vibrerar, inte stearinbiten]”. Därefter formulerar hon en beskrivning helt på submikronivå: ”Molekylerna tar större plats och vibrerar mer och ...”. Efter en kortare paus konstaterar Greta att ”Fast vi skriver inte att det smälter ... hur ska man [hon syftar troligtvis på Marsianen] se att molekylerna smälter?”.

Genom att ta Marsianens perspektiv – vad ser den? blir det möjligt för Greta att upptäcka motsättningen i deras resonemang: Marsianen kan inte se ”smältandet”. Görel förstår också snabbt Gretas poäng om att Marsianen inte kan ”se” smältande molekyler, och tillsammans formulerar flickorna en beskrivning helt på submikronivå som ger en antydning om att de löst upp motsättningen: ”Molekylerna börjar vibrera mer och tar större plats.” I denna beskrivning ligger fokus på förändringar i molekylernas rörelser och på hur systemet av molekyler förändrar helheten och att deras egenskap att ”ta plats” ökar. I arbetsbladet skriver de ”Så här ser det ut när molekylerna vibrerar jättemycket” och så ritade de en bild med vibrationsymboler (se figur 5).

#### Figur 5

Gretas, Görels och Gunillas noteringar av vad Marsianen ser när stearinbiten värms upp



Efter detta tar Gretas grupp sig an den sista rubriken — Efter — under vilken de återigen behöver hantera begreppet smälta. Gunilla föreslår först att de ska skriva ”den [stearinbiten] börjar smälta” men Greta påminner om att fokus ska ligga på molekylerna och vad Marsianen kan se. Gunilla testar att börja meningen med ”molekylerna ...” men avbryter sig snabbt när hon märker att det inte fungerade: ”Molekylerna ... nej de börjar inte smälta äh ... äh ...” Greta bryter in och förtydligar att ”här [under Något händer] har det redan börjat smälta, här [under rubriken Efter]

ska det ju stelna”. För eleverna blir det oklart vad Marsianen kan se efteråt när stearinet började stelna efter att värmeplattan har stängts av. Detta visar att motsättningen som handlar om vad det är som smälter inte fullt ut har lösts upp trots att eleverna tidigare gett uttryck för det. Till slut enas de om att skriva: ”M börjar vibrera mindre och tar den formen som de var varma i”. Tiden för lektionen tar dock slut innan de hinner komplettera texten med en bild.

Sammanfattningsvis tycks Marsianen och Jordingen som lärandemodell möjliggöra för Greta att åtminstone delvis hantera den motsättning som uppstod när de språkligt skulle beskriva vad som händer Efter. Gretas grupp konstaterade att verbet smälta beskriver ett fenomen på makronivå, medan det på submikronivå istället handlar om att molekylernas rörelse och det utrymme de upptar förändras. Genom att pröva Marsianens perspektiv är det möjligt för Greta att se att molekyler i sig inte kan ”smälta” utan att det är molekylsystemets egenskaper som förändras. Gretas fråga ”hur ska man se” visar hur redskapet hjälper henne att identifiera och bearbeta denna motsättning mellan vardaglig erfarenhet och en teoretisk förståelse av materiens struktur.

## Diskussion

I det följande diskuterar vi resultatet i relation till tidigare forskning. Syftet som adresseras i artikeln är tudelat, vilket även får organisera diskussionen. Detta innebär att vi inleder med att diskutera de tre motsättningarna som har identifierats för att därefter diskutera på vilket sätt eleverna använde Marsianen och Jordingen i försöken att överbrygga motsättningarna. Vi avslutar detta avsnitt med att lyfta några didaktiska implikationer som resultatet möjliggör.

### *Motsättningar mellan makro- och submikronivå*

Utifrån lärandeverksamhet (Davydov, 2008) kan, som framgått ovan, motsättningar förstås som en central drivkraft för begreppsutveckling. När elevernas spontana vardagliga föreställningar inte räcker till för att förklara ett fenomen uppstår en spänning mellan det kända och det ännu inte förklarade. I kemiundervisningen blir denna dynamik särskilt tydlig eftersom ämnets kärna bygger på att relatera två nivåer av beskrivningar: det som kan observeras direkt (makronivå) och det som endast kan förstås genom modeller och begrepp (submikronivå). Som nämndes inledningsvis visar tidigare forskning att många elever tenderar att förklara fenomen utifrån vardagsnära erfarenheter och observerbara egenskaper (Andersson, 2008; Talanquer, 2008, 2018a-b). Som Newman (2013) påpekar har elever ofta svårt att urskilja den emergenta karaktären i relationen mellan nivåerna – att ämnets observerbara egenskaper uppstår ur partiklarnas sammansättning och interaktioner, medan partiklarna själva saknar dessa egenskaper.

Mot denna bakgrund blir de tre motsättningar som har identifierats särskilt intressanta:

- molekyler förstås som luftmolekyler och finns inne i saker
- molekyler rör på sig och kan därför inte finnas i en fast stearinklump
- molekylerna smälter när ämnet smälter

Dessa motsättningar kan ses som uttryck för elevernas försök att koordinera två olika referensramar: den vardagsnära, sinnesbaserade förståelsen och den modellbaserade, teoretiska förståelsen (Radford, 2021). När motsättningarna görs explicita och bearbetas kan de bli resurser för begreppslig utveckling, eftersom de skapar ett motiv att pröva mer generella förklaringsmodeller. Samtidigt kan konstateras att det inte är självklart att varje motsättning som eleverna experimenterar med blir föremål för problemlösning. Detta kan jämföras med tidigare studier som visat att

laborationer ofta fokuserar på att observera fenomen snarare än att diskutera osynliga processer på submikronivå (Abrahams & Millar, 2008; Berg m.fl., 2010; Gunnarsson, 2007). För att dessa motsättningar ska bli produktiva för lärande krävs därför en undervisning som gör dem synliga, håller dem levande och använder dem som utgångspunkt för gemensamt utforskande.

### ***Marsianen och Jordingen som lärandemodell för att pröva nya perspektiv***

Utifrån lärandeverksamhet visar resultatet att Marsianen och Jordingen i flera fall fungerade som lärandemodell för eleverna (Davydov, 2008). Till skillnad från animationer, simuleringar eller färdiga modeller, som visar hur partiklar ”ser ut” eller ”rör sig” (se Laohapornchaiplan & Chenprakhon, 2024), erbjöd Marsianen och Jordingen inte ett färdigt svar. I stället stimulerade redskapet eleverna att pröva att växla mellan olika perspektiv: eleverna fick lekfullt ta sig an fenomenet (smältning) genom en varelse som bara kan ”se” molekyler och deras interaktioner.

Denna lekfulla prövning av perspektiv ligger nära Vygotskys (1967) syn på fantasi som ett kulturellt redskap för att överskrida det omedelbart observerbara. I samma anda betonar van Oers (2013) hur lekfulla och improviserade arbetssätt kan fungera som katalysatorer för meningsskapande i undervisningen, särskilt när elever behöver föreställa sig något som inte kan upplevas med våra sinnen.

Resultatet visar att eleverna använde Marsianen på olika sätt. Vissa, som Greta, prövade aktivt att ”se” stearinbiten ur Marsianens perspektiv, vilket gjorde det möjligt att skilja mellan stearinbitens observerbara form (makronivå) och dess osynliga byggstenar (submikronivå). Andra elever använde redskapet mer ytligt, exempelvis för att kontrastera mellan det som syns och det som inte syns, men utan att koppla detta till processer på partikelnivå.

Detta sätt att arbeta skiljer sig från tidigare studier där elever skapar egna representationer av submikronivån (t.ex. Ainsworth m.fl., 2011; de Andrade m.fl., 2022; Tytler m.fl., 2020). När elever producerar egna bilder, modeller eller teckningar, ligger fokus på att gestalta sin förståelse. Genom att använda Marsianen och Jordingen som en lärandemodell fick eleverna i stället andra möjligheter att pröva vad som händer om det osynliga med Marsianens blick blir ”synligt”, det vill säga att temporärt anta ett perspektiv som utmanar deras vardagliga sätt att förstå fenomenet på. Resultatet tyder på att denna typ av lekfulla, fantasifulla redskap kan fungera som en startpunkt för att så att säga modellera partiklar på submikroskopisk nivå. Dock kan vi notera att en mer utvecklad begreppslik förståelse kräver att läraren hjälper eleverna att få syn på motsättningarna och pröva olika sätt att lösa upp dem på.

Sammanfattningsvis ser vi tecken på att detta redskap har potential att möta den grundläggande didaktiska utmaning som undervisning i kemi – från grundskola till universitet – behöver hantera. Viktigt i sammanhanget är att redskapet gjorde det möjligt för eleverna att urskilja den emergenta karaktären på relationen mellan makro- och submikronivå.

### ***Didaktiska implikationer***

Data för denna artikel, är som nämnt, hämtat från forskningsprojektet *Nytt lärande genom animerad kemi* (2017-2019) där två skilda lektionssekvenser med vardera sex lektioner designades och prövades (Hultén m.fl., 2020). Det resultat som vi i den här artikeln presenterar förutsätter inte att hela lektionsupplägget från forskningsprojektet behöver implementeras. Däremot ser vi att det går att formulera tre övergripande didaktiska principer som kan prövas och vidareutvecklas i andra undervisningssammanhang (jfr Larsson, 2010): 1) Identifierade motsättningar i en undervisningssituation kan återfinnas i en annan, 2) Motsättningar behöver identifieras och bearbetas och 3) Lekfulla redskap kan fungera som lärandemodeller.

### Identifierade motsättningar i en undervisningsituation kan återfinnas i en annan

Resultatet tyder på att vissa av motsättningarna som har identifierats – såsom föreställningar om att det är molekyler som smälter (molekyler har ämnets egenskaper), eller att partiklar finns "inne i" ämnet – sannolikt inte är unika för denna elevgrupp. Tidigare forskning har visat att liknande svårigheter återkommer i andra klassrum (Andersson, 2008; Talanquer, 2008; 2018a-b). Därför bör undervisningen i tidiga år ges utrymme att synliggöra sådana motsättningar som kan uppstå mellan det som kan observeras och partikelmodellen av materia och använda dem som startpunkter för gemensamt undersökande.

### Motsättningar behöver identifieras och bearbetas

Enligt lärandeverksamhet är det avgörande att motsättningar inte enbart identifieras, utan även hålls levande som en del av det gemensamma utforskandet (Davydov, 2008; Radford, 2021). Det innebär att undervisningen behöver iscensättas så att motsättningarna upplevs som meningsfulla problem att bearbeta, snarare än som felaktigheter att rätta. Den andra principen handlar om att iscensätta och försöka upprätthålla en lärandeverksamhet där motsättningarna ses som det som kan främja elevernas lärande.

### Lekfulla redskap kan fungera som lärandemodeller

Resultatet indikerar att lekfulla prövningar av perspektiv med redskap som Marsianen och Jordingen kan fungera som en lärandemodell för elevernas begreppsutveckling, förutsatt att redskapet tas i bruk som en gemensam lärandemodell (Gorbov & Chudinova, 2000) snarare än som en färdig modell. När elever får möjlighet att utforska vad Marsianen ser jämfört med vad de som Jordingar ser skapas en öppning för att ompröva vardagsnära föreställningar och röra sig mot ett mer teoretiskt sätt att förstå materia. Det är dock viktigt att understryka att denna begreppsutveckling är framväxande, inte given i förväg. Eleverna bygger successivt upp begreppsliga strukturer i och genom verksamheten, i takt med att de ställs inför motsättningar och får möjlighet att bearbeta dem (jfr Broman m.fl., 2022; Davydov, 2008; Radford, 2021). Redskap som väcker fantasi och nyfikenhet kan i detta sammanhang fungera som en första impuls till perspektivskifte, men en utvecklad begreppsförståelse behöver få växa fram i ett kollektiv teoretiskt arbete som systematiskt bäddar för motsättningar (planerade eller spontant uppkomna).

Genom att arbeta utifrån lärandeverksamhetsteoretiska principer är det av central betydelse att läraren inte föregår elevernas teoretiska utforskande. Däremot behöver läraren stimulera och utmana eleverna att utforska innehållet med redskap som kan få funktionen av lärandemodeller, och inte bara erbjuda redskap som färdiga svar (Gorbov & Chudinova, 2000; Vysoskaya m.fl., 2016).

### Författarnas tack

Vi vill framföra vårt tack till läraren och dennes elever som möjliggjorde den studie som ligger till grund för denna artikel. Tack även till de övriga projektmedlemmarna Magnus Hultén (projektledare) och Kristina Danielsson. Projektet finansierades av Skolforskningsinstitutet.

### Referenser

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Ainsworth, S., Prain, V. & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333(6046), 1096–1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>

- Andersson, B. (2008). *Att förstå skolans naturvetenskap: forskningsresultat och nya idéer*. Studentlitteratur.
- Andersson, B. & Bach, F. (1995). *Att utveckla naturvetenskaplig undervisning. Exemplet gaser och deras egenskaper*. (NA-Spektrum, Studier av naturvetenskapen i skolan, Nr 14). Göteborgs universitet.
- Berg, A., Eriksson, I. & Löfgren, R. (2010). Observationer i kemiklassrummet – att lära sig se kemiska reaktioner. I Eriksson, I. (Red.), *Innehållet i fokus – kemiundervisning i finlandssvenska klassrum*. SKIP-rapport nr 8/2010. HLS förlag och Centrum för skolans kunskapsinnehåll i praktiken.
- Berg, A. & Hultén, M. (2023). Children's emergent mechanistic reasoning in chemistry: a case study about early primary students' reasoning about the phenomenon of thermal expansion of air. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(1), 92–114. <https://doi.org/10.1039/D3RP00169E>
- Berg, A., Orraryd, D., Pettersson, A. J. & Hultén, M. (2019). Representational challenges in animated chemistry: self-generated animations as a means to encourage students' reflections on sub-micro processes in laboratory exercises. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 710–737. <https://doi.org/10.1039/C8RP00288F>
- Bergqvist, K. & Säljö, R. (1994). Conceptually blindfolded in the optics laboratory. Dilemmas of inductive learning. *European Journal of Psychology of Education*, 9(2), 149. <https://doi.org/10.1007/BF03173550>
- Broman, A., Waermö, M. & Chudinova, E. V. (2022). The modelling in developmental education: A condition for theoretical abstraction and generalization. *Revista de Educação*, 25(1), 1–25. <https://doi.org/10.18224/educ.v25i1.12762>
- Davydov, V. V. (1990). Types of generalization in instruction: Logical and psychological problems in the structuring of school curricula. I *Soviet Studies in Mathematics Education Volume 2* (övers. J. Teller). National Council of Teachers of Mathematics.
- Davydov, V. V. (2008). *Problems of developmental instruction. A theoretical and experimental psychological study*. Nova Science Publishers (övers. P. Moxhay). (Originalt publicerat 1986)
- de Andrade, V., Schwartz, Y., Freire, S. & Baptista, M. (2022). Students' mechanistic reasoning in practice: Enabling functions of drawing, gestures and talk. *Science Education*, 106(1), 199–225.
- Gorbov, S. F. & Chudinova, E. V. (2000). Deystviye modelirovaniya v uchebnoy deyatelnosti shkol'nikov (k postanovke problemy), [Modellerings inverkan på elevernas lärande (avseende problemformulering)]. *Psychological Science and Education*, 2, 96–110.
- Gunnarsson, G. (2007). *Den laborativa klassrumsverksamhetens interaktioner*. [Doktorsavhandling, Linköpings universitet]. <http://liu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:25545>
- Haeusler, C. & Donovan, J. (2020). Challenging the science curriculum paradigm: Teaching primary children atomic-molecular theory. *Research in Science Education*, 50(1), 23–52. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9679-2>
- Högström, P., Ottander, C. & Benckert, S. (2006). Lärares mål med laborativt arbete: utveckla förståelse och intresse. *NorDiNa*, 2(3), 54–66. <https://doi.org/10.5617/nordina.414>
- Hultén, M., Berg, A., Danielsson, K. & Eriksson, I. (2020). *Animerad kemi: Elever i grundskolans tidiga år förklarar kemiska samband*. Linköping University Electronic Press.
- Ilyenkov, E. V. (2007). Our schools must teach how to think! *Journal of Russian & East European Psychology*, 45(4), 9–49. <https://doi.org/10.2753/RPO1061-0405450402>
- Keiner, L. & Graulich, N. (2021). Beyond the beaker: Students' use of a scaffold to connect observations with the particle level in the organic Chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(1), 146–163. <https://doi.org/10.1039/DoRP00206B>

- Laohapornchaiphon, J. & Chenprakhon, P. (2024). A review of research on learning activities addressing the submicroscopic level in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 101(11), 4552–4565. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00156>
- Larsson, S. (2010). Om generalisering från kvalitativa studier. I I. Eriksson, V. Lindberg & E. Österlind (Red.), *Uppdrag undervisning – kunskap och lärande* (s. 51–68). Studentlitteratur.
- Leonti'ev, A. N. (1978). *Activity, consciousness, and personality* (övers. M. J. Hall). Prentice-Hall. (Originalt publicerat 1975)
- Lompscher, J. (1999). Learning activity and its formation: Ascending from the abstract to the concrete. I M. Hedegaard & J. Lompscher (Red.), *Learning activity and development* (s. 139–166). Aarhus University Press.
- Löfgren, L. (2009). *Everything has its processes, one could say – A longitudinal study following students' ideas about transformations of matter from age 7 to 16*. [Doktorsavhandling, Malmö högskola]. <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:286827>
- Moreira, P., Marzabal, A. & Talanquer, V. (2019). Using a mechanistic framework to characterise chemistry students' reasoning in written explanations. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(1), 120–131. <https://doi.org/10.1039/C8RP00159F>
- Newman, M. (2013). Emergence, supervenience, and introductory chemical education. *Science & Education*, 22(7), 1655–1667. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9441-0>
- Persson, H. (2003). *Vad händer när icke-naturvetare bedriver NO-undervisning? Fysik och kemi på låg- och mellanstadiet*. HLS Förlag.
- Radford, L. (2021). *The theory of objectification. A Vygotskian perspective on knowing and becoming in mathematics teaching and learning*. Brill.
- Repkin, V. (2003). Developmental teaching and learning activity. *Journal of Russian and East European Psychology*, 41(5), 10–33. <https://doi.org/10.2753/RPO1061-0405410510>
- Samarapungavan, A., Bryan, L. & Wills, J. (2017). Second graders' emerging particle models of matter in the context of learning through model-based inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(8), 988–1023. <https://doi.org/10.1002/tea.21394>
- Sundberg, B., Andersson, J., Areljung, S., Hermansson, C. & Skoog, M. (2025). How primary school students use their disciplinary drawings to navigate between everyday and scientific discourses of water. *Chemistry Education Research and Practice*, 26(3), 631–646. <https://doi.org/10.1039/D4RP00080C>
- Taber K. S. (2005). Learning quanta: barriers to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas. *Science Education*, 89(1), 94–116. <https://doi.org/10.1002/sce.20038>
- Talanquer, V. (2008). Students' predictions about the sensory properties of chemical compounds: Additive versus emergent frameworks. *Science Education*, 29(1), 96–114. <https://doi.org/10.1002/sce.20235>
- Talanquer, V. (2018a). Exploring mechanistic reasoning in Chemistry. I J. Yeo, T. W. Teo & K. S. Tang (Red.), *Science education research and practice in Asia-Pacific and beyond* (s. 39–52). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-5149-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-5149-4_3)
- Talanquer, V. (2018b). Progressions in reasoning about structure–property relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 998–1009. <https://doi.org/10.1039/C7RP00187H>
- Tümay, H. (2016). Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: emergence in chemistry and its implications for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 229–245. <https://doi.org/10.1039/C6RP00008H>

- Tytler, R., Prain, V., Aranda, G., Ferguson, J. & Gorur, R. (2020), Drawing to reason and learn in science, *Journal of Research in Science Teaching*, 57(2), 209–231. <https://doi.org/10.1002/ta.21590>
- van Oers, B. (2013). Is it play? Towards a reconceptualisation of role play from an activity theory perspective. *European Early Childhood Education Research Journal*, 21(2), 185–198. <https://doi-org.ezp.sub.su.se/10.1080/1350293X.2013.789199>
- Vetenskapsrådet. (2017). *God forskningssed*.
- Vetenskapsrådet. (2024). *God forskningssed*.
- Vygotsky, L. S. (1967/2014). Play and its role in the mental development of the child. *Soviet Psychology*, 5(3), 6–18. <https://doi.org/10.2753/RPO1061-040505036>
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and language* (övers. A. Kozulin). MIT Press. (Originalt publicerat 1934)
- Vysotskaya, E., Khrebtova, S. & Rekhtman, I. (28–29 augusti 2016). *Do particles expand when heated? Promoting reflection through joint actions in the science domain* [konferensbidrag]. European Association for Research on Learning and Instruction (EARLI), SIG 10, Tartu, Estland.
- Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science education*, 92(5), 941–967. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>
- Zhang, Z. H. & Linn, M. C. (2011). Can generating representations enhance learning with dynamic visualizations? *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1177–1198. <https://doi.org/10.1002/tea.20443>
- Zhang, Z. H. & Linn, M. C. (2013) Learning from chemical visualizations: Comparing generation and selection. *International Journal of Science Education*, 35(13), 2174–2197. <https://doi-org.ezp.sub.su.se/10.1080/09500693.2013.792971>
- Zuckerman, G. (2003). The learning activity in the first years of schooling. I A. Kozulin, B. Gindis, V. S. Ageyev & S. M. Miller (Red.), *Vygotsky's educational theory in cultural context* (s. 177–199). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511840975.011>

## Författarpresentation

### Astrid Berg

Astrid Berg är universitetslektor i naturvetenskapernas didaktik vid Linköpings universitet. Hennes forskningsintresse handlar främst om vilket kemilärande som möjliggörs i olika undervisningspraktiker och hur dessa kan utvecklas för att bli innehållsligt mer kvalificerade. Hon är speciellt intresserad av potentialen i att låta elever visualisera sin förståelse av ett innehåll på olika sätt.

### Inger Eriksson

Inger Eriksson är professor emerita i pedagogik med inriktning mot lärande och läroplansteori och docent i didaktik vid Stockholms universitet. Mitt forskningsintresse handlar främst om vilket lärande som möjliggörs i olika undervisningspraktiker och hur forskare och lärare kan förenas kring ett gemensamt intresse för en didaktiskt och innehållsligt mera kvalificerad undervisning. Kunskapsfrågor relaterat till design av undervisning är också ett stort intresse med den centrala frågan om "vad är det den som är kunnig kan?" Teoretiskt är jag intresserad av hur lärare kan skapa situationer där elever kan utforska centrala innehållsliga aspekter inspirerat av Davydovs lärandeverksamhetsteori.