

# Vad är det som gör skillnad? - vad undervisningen måste göra synligt och vad eleverna måste lära sig för att förstå begreppet materia

A Vikström

## Sammanfattning

*Materiabegreppet, särskilt dess partikelnatur, är ett nyckelbegrepp i naturvetenskaplig undervisning och av central betydelse för att förstå många naturvetenskapliga fenomen. Inom ramen för tre Learning studies inom tre olika naturvetenskapliga områden utforskades begreppet i syfte att finna ut vad eleverna måste lära sig för att förstå ett fenomen på ett specifikt sätt. Med variationsteori som guidande princip planerades och genomfördes lektioner som videofilmades. Elevernas lärande analyserades med hjälp av för- och eftertest. Detta gjorde det möjligt att studera relationen mellan undervisning och lärande och att finna ut vad som gjorde skillnad. Resultatet visade på ett antal kritiska aspekter för begreppet materia som när de lyftes fram i undervisningen hjälpte eleverna att beskriva och förklara ett naturvetenskapligt fenomen på ett nytt sätt.*

**Nyckelord:** materiabegreppet, naturvetenskaplig undervisning, Learning study, variationsteori.



Anna Vikström

*Anna Vikström är universitetslektor i lärande med inriktning mot naturvetenskap vid Luleå tekniska universitet. Hon är verksam som utbildningsledare och lärare på lärarutbildningen och arbetar med praktknära forskning med fokus på naturvetenskaplig undervisning och lärande. .*

Vikström

## Introduktion

Med variationsteori som teoretiskt ramverk genomförde en forskargrupp bestående av sex lärare och en ämnesdidaktisk forskare tre Learning studies (Lo, 2014) inom tre olika naturvetenskapliga ämnesområden; "Atomer och molekyler", "Fotosyntes" och "Kemiska lösningar". Ämnesinnehållet i alla tre studierna hade en sak gemensamt; en förståelse för materiens partikelnatur var en förutsättning för att eleverna skulle förstå de naturvetenskapliga fenomenen på det sätt som eftersträvades.

Elevers uppfattningar av begreppet materia har under decennier varit föremål för mängder med studier och är förmodligen det mest studerade begreppet inom naturvetenskaplig ämnesdidaktisk forskning (Talanquer, 2009). Svårigheter med att förstå begreppet kan i sin tur vara en orsak till många elevers problem med att förklara fenomen observerbara på makronivån med naturvetenskapliga termer och begrepp på molekynivån (Tsaparlis & Sevian, 2013). Det som forskning bland annat har visat är att elevers uppfattningar av materia kan beskrivas på olika nivåer av förståelse, där den lägsta nivån innebär att materia inte beskrivs som bestående av partiklar med tomrum emellan, utan uppfattas som kontinuerlig och statisk. På nivå 2, när en partikelmodell införts, kan detta uppfattas som att partiklarna på något sätt är inbäddade i materia och att ämnet i fråga finns mellan partiklarna, exempelvis att mellan vattenmolekyler finns vatten. På nästa nivå beskrivs materia som något som byggs upp av "minsta odelbara enhet" där partiklarna har samma egenskaper som ämnet på makronivån. Nivå 4 innebär att eleven har förmågan att använda en differentierad atommodell (dvs att atomen i sin tur består av partiklar), och eleven har då möjlighet att skilja mellan atomer och molekyler och olika typer av kemisk bindning. På den högsta nivån, kan eleven beskriva och förklara interaktionen mellan partiklar i komplexa system. Forskningen på området har under det sista decenniet flyttat fokus från att kategorisera elevers olika sätt att förstå begreppet till att analysera progressionen i elevers förståelse. Mönstret i denna progression kan med avseende på hur materia är uppbyggd beskrivas som att eleverna utvecklar sin förståelse från en makroskopisk nivå, via en begynnande medvetenhet om partiklarnas existens, till en mer sub-mikroskopisk nivå. Parallellt och sammanflätat med detta utvecklas förståelsen för materians bevarande vid kemiska och fysikaliska förändringar från en nivå där materiens partikelnatur inte alls beaktas till en nivå där detta utgör den centrala förklaringsmodellen (Hadenfeldt, Liu & Neumann, 2014).

### **Problemformulering**

I en Learning study studerar lärare tillsammans vad det innebär för elever att lära sig en svår sak och hur man på bästa sätt kan undervisa så att de lär sig det. De erfarenheter av naturvetenskaplig undervisning som lärarna inom forskargruppen hade, visade att begreppet materia var problematiskt men centralt för elevers förståelse av naturvetenskapliga fenomen och processer. Därför föll det sig naturligt att i den första Learning studyn välja innehållet "Atomer och molekyler". Materiabegreppet som sådant var inte i fokus i Learning study nummer två, "Fotosyntesen", men de erfarenheter som gjordes då medförde att det blev än mer uppenbart hur problematiskt

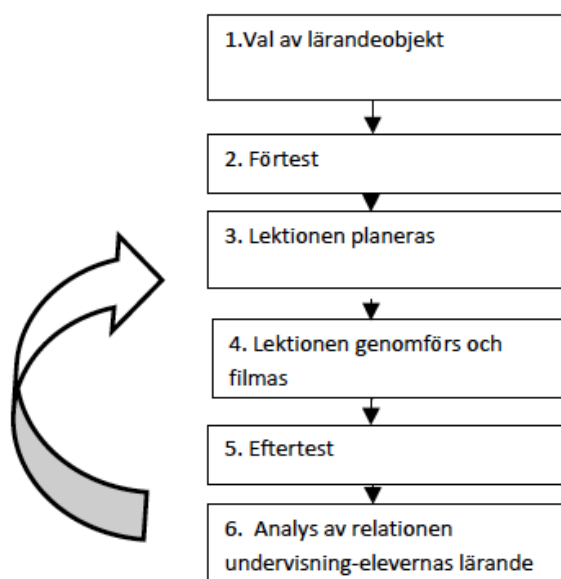
begreppet var för eleverna. Därför valdes ämnesinnehållet ”Kemiska lösningar” i den tredje studien där särskilt intresse riktades mot eleverna förståelse för materialets partikulära natur och hur denna kunde utvecklas för att utveckla förståelsen för begreppet lösning. De sammanfattande erfarenheterna från de tre Learning studies som genomförts ledde så fram till den retrospektiva forskningsfrågan:

*Vilka kritiska aspekter gällande materialets partikelnatur behöver eleverna urskilja för att bättre beskriva och förklara naturvetenskapliga fenomen och hur kan detta göras möjligt i undervisningen?*

## Metod och teoretiskt ramverk

### *Learning study och variationsteori*

I en Learning study studerar lärare tillsammans vad det innebär för elever att förstå något på ett särskilt sätt och hur undervisning kan utformas för att utveckla förståelsen. Processen är cyklisk och inleds med att forskargruppen definierar ett lärandeobjekt, målet för lektionen, och konstruerar ett förtest för att kartlägga elevernas för-förståelse. Med utgångspunkt i resultatet av förtestet planeras därefter gemensamt en lektion som genomförs av en av lärarna i en elevgrupp och videofilmas. När ett eftertest genomförts i den gruppen blir det möjligt att jämföra testresultatet i relation till det som visar sig på den filmade lektionen. Man ställer sig då frågor om vad undervisningen möjliggjort för eleverna att lära sig, frågor som kan belysa varför eleverna uppfattat vissa aspekter av innehållet men inte andra. Lektionsplanen kan sedan omarbetas med avseende på det man funnit vara kritiskt och den reviderade lektionen genomförs i en ny elevgrupp med en ny lärare och sambandet undervisning-lärande analyseras på nytt osv. Processen beskrivs i figur 1 nedan.



Figur 1. Stegen i en learning study

Vikström

Genom hela processen utgör variationsteorin (Lo, 2014; Marton, 2014) en guidande princip. Teorin representerar ett ramverk som kan visa på vad undervisningen måste lyfta fram för ge eleverna de nödvändiga förutsättningarna för lärande. Teorin tar sin utgångspunkt i *lärandets objekt*, den förmåga eleverna ska utveckla, i detta fall att förstå begreppet materia på ett specifikt sätt. För att förstå lärandeobjektet krävs att eleverna får möjlighet att urskilja ett antal *kritiska aspekter*. Ett lärande har då skett när en elev efter undervisning urskiljer nya aspekter av ett lärandeobjekt.

### **Lärandeobjektets kritiska aspekter**

Genom att definiera ett lärandeobjekt och försöka få svar på frågan "Vad innebär det att förstå detta, vad är det man kan då man "kan"?", problematiseras det *avsedda* lärandeobjektets kritiska aspekter, det vill säga de aspekter som eleverna måste få möjlighet att urskilja för att åstadkomma den förståelse som eftersträvas. Genom Learning studyns för- och eftertest erhålls sedan kunskaper om det *erfarna* lärandeobjektet, det vill säga vilka olika sätt att erfara ett fenomen som kan identifieras i den aktuella elevgruppen (Marton & Booth, 1997, Vikström, A. 2005). Vad som utgör kritiska aspekter för ett visst lärandeobjekt är alltid en empirisk fråga, ett svar måste alltså sökas i den elevgrupp det handlar om, dvs i lärarens egen praktik. Undervisningen måste därefter utformas så att just de aspekter som är kritiska för just denna elevgrupp synliggörs. Synliggörandet förutsätter i sin tur någon form av variation, då kritiska aspekter, enligt variationsteorin, bara blir möjliga att urskilja genom någon form av kontrast. Den enkla principen är att för att det ska vara möjligt att få syn på något så måste detta något varieras mot en invariant bakgrund. Kritiska aspekter måste därför på något sätt avvika, bildligt talat som en röd punkt mot en helvit bakgrund. Kontraster kan skapas genom att inte enbart visa vad något är, utan också genom att kontrastera detta något mot något annat som det inte är, vilket i sin tur innebär att olika begrepp måste behandlas samtidigt i stället för var för sig (Marton & Tsui, 2004). Traditionellt ger lärare ofta många exempel på *samma* sak i syfte att åstadkomma en generell förståelse för ett begrepp. Vad variationsteorin säger är hur viktigt det är att påvisa *skillnader*, nya innebörder uppstår genom erfarenhet av skillnader mot en bakgrund av likheter, snarare än erfarenhet av likhet mot en bakgrund av olikheter (Pang & Marton, 2013). För att möjliggöra lärande måste alltså kritiska aspekter för lärandeobjektet identifieras i relation till den aktuella elevgruppen och specifika variationsmönster som lyfter fram dessa aspekter måste i sin tur manifesteras i undervisningen (Marton, 2014).

Ämnesdidaktisk forskning kan bidra med generell kunskap om vad som kan vara problematiskt i relation till ett visst lärandeobjekt. För begreppet materia skulle detta till exempel kunna vara att urskilja att atomer finns överallt runt omkring oss, och att materia består av olika slags partiklar (atomer, molekyler, joner) med tomrum emellan som befinner sig i ständig rörelse. För att lyfta fram kritiska aspekter för begreppet materia så kan kontraster exempelvis åstadkommas genom att visa på var atomer finns och var de *inte* finns, eller genom att jämföra begreppen atom-jon-molekyl *samtidigt* i stället för ett i taget så att eleverna erbjuds att se skillnaderna såväl

som sambanden mellan begreppen.

I de tre Learning studies som gjordes användes variationsteorin i alla delar av processen. Fokus låg alltid på lärandets objekt och på vad eleverna måste få syn på för att förstå innehållet på det sätt som avsågs. Processen bygger på tre typer av variation:

1. Variationen i elevernas sätt att förstå lärandeobjektet. Detta kategoriserades med hjälp av för- och eftertest.
2. Variationen i sätten att behandla lärandeobjektet i undervisningen. Detta blev möjligt att få syn på när de videofilmade lektionerna analyserades.
3. Variation som vägledande princip vid planering och genomförande av lektionerna, då kritiska aspekter identifierades och kontraster manifesterades som gjorde det möjligt för eleverna att få syn på dem. (Lo, 2014)

I tabell 1 nedan redovisas översiktligt hur de olika delarna av en Learning study analyserades kollektivt.

<i>Steg i learning studyn</i>	<i>Frågor som ställdes</i>	<i>Eftersökt information</i>
Förtest av eleverna	Vilka förkunskaper har eleverna?  Vilka kritiska aspekter har de ännu inte fått syn på?  Hur kan vi kategorisera elevernas kunskaper på en kollektiv nivå?	Kritiska aspekter som definierar olika sätt att förstå lärandeobjektet och kritiska aspekter som måste lyftas fram i undervisningen.
Planering och revidering av lektionerna	Hur kan vi använda variation för att synliggöra de kritiska aspekterna?	Variationsmönster som kan användas och testas i undervisningen
Analys av lektionen i ljuset av resultatet av eftertestet.	Vilka svårigheter har eleverna även efter undervisning? Hur hanterades just dessa aspekter under lektionen?  Vad var möjligt att urskilja och inte? Hur kan vi revidera lektionen med avseende på detta?	Variationsmönster som utvecklade elevernas lärande

Tabell 1. Den gemensamma analysen av en Learning study.

Som nämndes inledningsvis genomfördes tre olika Learning studies om tre olika ämnesinnehåll. Varje Learning study bestod av för- och eftertester, tre videofilmade lektioner och fem möten i arbetslaget. Två möten före den första lektionen, ett möte mellan lektionerna och ett avslutande möte efter lektion 3, varje möte varade cirka 3 timmar. Projektet pågick under tre terminer och dess design över tid visas i figur 2 nedan.

Vikström

LS 1	LS 2	LS 3
3 lektioner x 45 min	3 lektioner x 45 min	3 lektioner x 45 min
5 möten à 3 h	5 möten à 3 h	5 möten à 3 h
<i>Atomer och molekyler åk 7</i>	<i>Fotosyntesen åk 7</i>	<i>Kemiska lösningar åk 8</i>
Hösten 2010	Våren 2011	Hösten 2011

Figur 2. Projektets design.

### ***Materiabegreppet i tre olika naturvetenskapliga sammanhang***

Materiabegreppet var centralt i den första studien om "Atomer och molekyler" där lärandets objekt var att utveckla elevernas förståelse för materiens partikelnatur. Resultatet av elevtesterna visade visserligen att elevernas förståelse utvecklats men många problem kvarstod ännu. Än tydligare blev det i Learning study nummer två att elevernas svårigheter med materiabegreppet påverkade deras lärande. I den studien, "Fotosyntesen", utgjordes lärandets objekt av att utveckla elevernas förståelse för hur luftens koldioxid kunde ge det huvudsakliga bidraget till en växande plantas viktökning. Forskargruppen upptäckte att eleverna hade svårt att inse att en osynlig gas, som de uppfattade som "lätt", kunde vara orsaken till att ett träd kunde växa upp och väga flera hundra kilo. Det stod klart att elevernas bristande förståelse för materians partikelnatur och omvandlingar var ett stort hinder för att uppnå den förståelse som var målet och studien betraktades därför som mer eller mindre misslyckad.

Därför beslöts att återigen fokusera på materians partikelnatur och valet blev göra detta i sammanhanget "Kemiska lösningar" som ansågs vara ett område väl lämpat för att bearbeta begreppet. Efter att ha genomfört Learning study 3 blev det sedan möjligt att sammanfatta erfarenheterna av vad som visat sig göra skillnad för elevernas lärande rörande begreppet materia; vilka aspekter som var kritiska och hur dessa kunde synliggöras i undervisningen. I denna retrospektiva slutanalys fokuserades lärandeobjektet materians partikelnatur och detta avgränsades till att eleverna skulle förstå att sub-mikroskopiska partiklar bygger upp allt omkring oss, att energi, till exempel solljus och värme, inte består av materia och att materiella ting kan beskrivas på olika organisationsnivåer och med såväl ett naturvetenskapligt som ett vardagligt språk. En mer detaljerad beskrivning av Learning study 3 har publicerats i Vikström, Billström, Fazeli, Hansson, Hol, Jonsson & Rydström (2013) och delar av projektets alla tre Learning studies även i Vikström (2014).

## Resultat – -vad kan göra skillnad för elevernas lärande om materians partikelnatur?

### *Kritiska aspekter för undervisning om materians partikelnatur*

Någon detaljerad beskrivning av de tre Learning studies som genomförts kommer inte att redovisas här. I stället fokuserar resultatredovisningen den retrospektiva forskningsfrågan och det som, genom analysen av lektionerna och delar av elevtesterna, ledde fram till nya kunskaper om undervisning om materiabegreppet och särskilt dess partikelnatur. Resultatet visar att särskilda sätt att behandla ämnesinnehållet gjorde skillnad för elevernas lärande och det blev möjligt att formulera vad eleverna måste få syn på för att för att förstå begreppet materia på det sätt som eftersträvats. De undervisningshandlingar och strategier som formades pekade mot det faktum att vissa saker måste behandlas samtidigt och kontrasteras mot varandra. När erfarenheterna sammanfattades i den avslutande analysen efter Learning study 3 blev slutsatsen att följande aspekter var kritiska för elevernas förståelse för begreppet materia:

1. Vikten av att möjliggöra för eleverna att urskilja att atomer bygger upp allt materiellt runt omkring oss liksom vikten av att visa på sambandet mellan den makroskopiska och sub-mikroskopiska (molekylära) nivån. Detta möjliggjordes genom att eleverna fick erfarenheter av att dela upp varierande exempel (luft, stekpanna, blomma, vatten) på olika organisationsnivåer ner till atomnivån.
2. Vikten av möjliggöra för eleverna att urskilja var atomer *inte* finns (som i solen eller värme). Detta möjliggjordes genom att behandla begreppen materia och energi samtidigt och kontrastera dem mot varandra.
3. Vikten av att möjliggöra för eleverna att urskilja tomrummet mellan partiklar (atomer, molekyler och joner) och sambandet mellan iakttagna observationer (vid till exempel experiment) och de korresponderande förklaringarna med kemins termer och begrepp. Detta möjliggjordes genom att läraren i dialogen med eleverna behandlade den makroskopiska och molekylära nivån samtidigt.
4. Vikten av att möjliggöra för eleverna att urskilja att ett och samma fenomen kan beskrivas på kvalitativt olika sätt genom att jämföra beskrivningen av ett fenomen med ett vardagligt språk och beskrivningen av samma fenomen med naturvetenskapens termer och begrepp.

Vad gjorde det möjligt att dra dessa slutsatser och hur påverkade detta elevernas lärande?

### *Var finns atomer, och var finns de inte?*

Lärarnas traditionella sätt att undervisa om atomen brukade inledas, liksom de läromedel de använde sig av, med en presentation av Bohrs atommodell. Det togs för givet att eleverna förstod att atomer bygger upp allt vi ser omkring oss. Likaså var det för-

Vikström

givettaget att eleverna insåg att solljus och värme inte bestod av materia. Begreppet materia och begreppet energi hade aldrig behandlats samtidigt, materia ingick i kemikursen i årskurs sju och energi huvudsakligen i fysikkursen i årskurs nio. Genom att ta del av ämnesdidaktisk forskning (Andersson, 2008) och resultat från nationella utvärderingen (Skolverket, 2004) fick gruppen en mer detaljerad kunskap om elevers svårigheter med materiabegreppet, exempelvis att elever kan uppfatta materia som statisk och kontinuerlig i motsats till naturvetenskapens atomistiska och dynamiska syn. Den nationella utvärderingens resultat gav ytterligare anledning till att fundera på om eleverna förstod att atomer i ständig rörelse bygger upp allt i vår värld, och forskargruppen enades om att studera detta närmare i den första Learning studyn.

### ***Learning study 1: organisationsnivåer, atomer och energi***

Ett förtest konstruerades där eleverna bland en mängd exempel fick ringa in vilka som var uppbyggda av atomer. Resultatet visade att många av eleverna inte förstod att atomer kunde finnas i exempelvis en stol, medan många ansåg att atomer fanns i solljus. Detta väckte förvåning bland lärarna och en lektion planerades med syftet att öka elevernas förståelse för var atomer finns och inte finns. En övning genomfördes där eleverna i grupper fick dela upp varierande, men välkända, föremål och ämnen (stol, vatten, blomma, luft, öra, cykel etc) i mindre och mindre delar till dess att de nått den atomära nivån. Uppgiften ställde till med problem för eleverna, en svårighet var att inse vad som var samma organisationsnivå. En cykel kunde till exempel delas upp i cykelns olika delar, styre, ringklocka, pedaler osv, men med stöd av läraren och genom samarbetet i gruppen kunde i stället cykeln delas upp i de olika material den bestod av (metall, plast etc) som sedan kunde delas upp i ämnen (järn, aluminium, gummi) som avslutningsvis kunde delas upp ner till den molekylära och atomära nivån. Eleverna fick härigenom möjlighet att upptäcka att såväl vardagliga, biologiska, tekniska, fasta, flytande som gasformiga ämnen och material alla bestod av atomer.

Sedan fick eleverna i uppgift att göra på samma sätt med exemplen solljus, lampsken och värme. Eftertestet visade att elevernas lärande utvecklats, men fortfarande hade flertalet elever (70%) problem med att peka ut var atomer fanns och inte fanns. När lektionsplanen reviderades inför lektion 2 diskuterades betydelsen av att formulera frågorna till eleverna på rätt sätt. Gruppen enades om att formulera frågeställningen i elevuppgiften som *"Kan vi dela upp solljus på samma sätt som de första exemplen ni fick?"* i stället för att fråga *"Vad är solljus gjort av?"* eftersom det senare antogs kunna leda eleverna mot tanken på solljus som något materiellt. Inför lektion 3 beslöt man att samla gruppernas redovisning av uppgiften om de materiella exemplen till vänster på whiteboardtavlan och redovisningen av exemplen på energiformer till höger. Detta gjorde det möjligt att i en sammanfattande diskussion i slutet av lektion 3 ännu tydligare kontrastera begreppen materia och energi mot varandra och visa på skillnaderna mellan dem; exemplen till vänster bestod av atomer och gick att väga på en våg medan exemplen till höger *inte* bestod av atomer.

Elevtesterna visade att detta påverkade elevernas lärande positivt. Närmare 90 % av eleverna som deltog i lektion 3 kunde i en testfråga ringa in de exempel som bestod



av atomer fullständigt korrekt, i förtestet kunde ingen av dessa elever detta. Detta sätt att undervisa om begreppen materia och energi var nytt för lärarna och avslöjade kritiska aspekter som tidigare förbisetts.

### ***Tomrummet mellan partiklarna och sambandet mellan den makroskopiska och sub-mikroskopiska nivån.***

Vikten av att uppmärksamma sambandet mellan olika organisationsnivåer upptäcktes alltså redan i Learning study 1. Elevernas svårigheter med materians partikelnatur visade sig också i svaren på en av testfrågorna i den första studien: "Förklara varför 1 dl vatten + 1 dl vatten blir 2 dl, medan 1 dl vatten + 1 dl salt bara blir 1,5 dl?", en fråga som bara någon enstaka elev lyckades besvara med användning av kemins termer och begrepp. Forskning lärarna tog del av (Andersson, 2008) visade också att elever kan ha svårt att inse att även ett ämne som vatten, som ter sig kontinuerligt framför våra ögon, består av partiklar med tomrum emellan. Misslyckanden i Learning study 2, där gruppen genom egna erfarenheter, och genom att ta del av resultaten från nationella utvärderingen (Skolverket, 2004), uppmärksammade elevernas problem med materia i gasform, ledde sedan vidare fram till beslutet att än tydligare fokusera på just materians partikelnatur i Learning study 3.

När kapitlet "Lösningar och blandningar" behandlats under föregående läsår hade undervisningens fokus legat på själva upplösningssprocessen och vad som påverkade den, såsom finfördelning, värme och omrörning. Detta var något som gruppen insåg inte påverkade elevernas förståelse på den molekylära nivån. Ämnesdidaktisk forskning som gruppen tog del av gav ytterligare insikter om den betydelse materiabegreppet har för elevers förståelse av fenomenet lösning; elever fokuserar huvudsakligen mekaniska processer, som till exempel omrörning och finfördelning, och ett vardagligt språk föredras när ett fenomen ska beskrivas då sub-mikroskopiska förklaringar för observationer på makroskopisk nivå saknas (Abraham, Gryzybowski, Renner & Marek, 1992; Calýk, Alipasa & Ebenezer, 2005). Under de första gruppdiskussionerna i Learning study 3 om kemiska lösningar enades forskargruppen därför om att sätta fokus på den sub-mikroskopiska nivån. Man kom överens om att genomföra ett antal experiment med lösningar och blandningar och om hur viktigt det var att fokusera partiklarna i såväl det ämne som löser sig som partiklarna i lösningsmedlet. För att skapa variation bestämdes det att läraren, förutom att demonstrera hur fasta ämnen löser sig i vätskor, också skulle visa exempel på vätskor som löser sig i vätskor och gaser som löser sig i vätskor.

Den mest informativa av testuppgifterna i Learning study 3 löd: "Förklara så detaljerat du kan vad en lösning är". En majoritet av eleverna, 94%, beskrev i förtestet en lösning på en makroskopisk nivå och med ett vardagligt språk: "En lösning är när du löser upp någonting, salt till exempel, i vatten så att det inte syns längre". I testet efter den första lektionen i cykeln berörde bara två elever (av 21) partiklarna i både det som löste sig och i lösningsmedlet medan 14 av dem fortfarande svarade på en makroskopisk nivå. Det stod alltså klart att lektionen inte lyckats lyfta fram materians partikelnatur tillräckligt tydligt. Begreppet "tomrum" mellan partiklar som ämnesdidaktisk forsk-

Vikström

ning pekade ut som kritiskt för att förstå materians natur hade lärarna i inledningen av projektet mött med skepsis. "Det är väl atomerna vi ska fokusera på, inte vad som finns mellan dem?" uttryckte exempelvis en av lärarna under Learning study 1. Senare, efter Learning study 3, uttryckte samma lärare: "Det existerar ju faktiskt inga partiklar om det inte finns ett tomrum mellan dem också" och en kollega tillade: "Vi förstod inte vikten av detta, men nu gör vi det!". När lektionsplanen reviderades enades man om att lyfta fram den kritiska aspekten "tomrum" och i diskussionerna ställdes bland annat frågan "Vad krävs för att våra elever ska förstå att det finns ett tomrum mellan molekylerna i lösningsmedlet?".

Vid testerna efter lektion 2 och 3 kunde 18 elever (av 40) uttrycka sig om vad en lösning är med kemiska termer och så många som 16 av dem gav mer komplexa svar där partiklarna i både det som löste sig och i lösningsmedlet nämndes: "När socker löser sig så sprider sockermolekylerna från sockerkristallen ut sig i tomrummet mellan vattenmolekylerna". Det stod alltså klart att revideringen av lektionen gett resultat.

Ett sammanfattande resultat på testfrågan "Förklara så detaljerat du kan vad en lösning är" redovisas i tabell 2 nedan.

<i>Elevtester</i>	<i>Antalet svar på en makroskopisk nivå</i>	<i>Antalet svar på en sub-mikroskopisk nivå rörande endast lösningsmedlet</i>	<i>Antalet svar på en sub-mikroskopisk nivå rörande såväl lösningsmedlet som det upplösta ämnet</i>
Lektion 1 n=21 Lärare A	Förtest: 20 (95%) Eftertest: 14 (67%)	Förtest: 1 (4%) Eftertest: 5 (24%)	Förtest: 0 Eftertest: 2 (9%)
Lektion 2 n=20 Lärare B	Förtest: 17 (85%) Eftertest: 12 (60%)	Förtest: 3 (15%) Eftertest: 0	Förtest: 0 Eftertest: 8 (40%)
Lektion 3 n= 20 Lärare C	Förtest: 20 (100%) Eftertest: 10 (50%)	Förtest: 0 Eftertest: 2 (10%)	Förtest: 0 Eftertest: 8 (40%)

Tabell 2. Resultatet av testfrågan "Förklara så detaljerat du kan vad en lösning är" i Learning study 3.

Vad kan då förklara skillnaderna mellan elevernas lärande i lektion 1 och lektion 2 och 3? Analysen av de videofilmade lektionerna visade på skillnader i hur lärandeobjektet behandlades. Det noterades att partiklarna i lösningsmedlen knappast berördes under lektion 1 och att den lärare som genomförde lektionen fokuserat den makroskopiska nivån. Den nivån, till exempel vilka ämnen som löser sig i vilka lösningsmedel, framträdde dock tydligt. Nedan visas ett utdrag från lektion 1 som illustrerar hur lärare A fokuserar på den makroskopiska nivån:

Läraren (demonstrerar): Nu har jag blandat socker och vatten...har det löst sig?

Elev 1: Det har löst sig!

Läraren: Jo, ni ser det, det finns inget socker kvar på botten av bägaren, jag ställer den till vänster här på katedern.

.....

Läraren (demonstrerar): Hur går det med matolja och vatten?

Elev 2: Oljan stannar kvar på ytan

Läraren: Precis, det löser sig inte. Det går inte att lösa olja i vatten, de är för olika. Den här bägaren placerar jag på höger sida.

.....

Läraren (demonstrerar): Om vi blandar salt och olja då?

Elev 3: Saltet sjunker till botten

Läraren: Salt kan inte lösa sig i olja, jag ställer den höger också

.....

Läraren (demonstrerar): Nu kan vi prova olja och bensin, vad händer?

Elev 4: Det löser sig

Läraren: Ja, det gör det, dom är lika, lika löser lika. Den ska stå till vänster.

Efter att ha analyserat lektionen blev det tydligt att den sub-mikroskopiska nivån inte lyftes fram tillräckligt. Lärare A fokuserade den makroskopiska nivån i dialogen med eleverna och lyfte inte alls fram partiklarna i lösningsmedlet. Nedan visas ett utdrag från diskussionen under det efterföljande gruppmötet då lektionen reviderades:

Peter: När vi har dom där grupperna av bägare med ämnen som inte har löst sig så kan vi tala om mikronivån, vad som har hänt med partiklarna.

Gunilla: Å samma sak med bägarna där det har löst sig, vad är skillnaden på mikronivån?

Anna: Å vi kan lyfta fram "lika löser lika" tidigare också.

Kerstin: Å att lösningsmedlet vatten består av partiklar också, som också är utspridda, precis som partiklarna i det som löst sig.

Monica: Vi måste trycka på "vattenmolekylerna" inte bara tala om "vatten".

Kerstin: Jo, det kan vara en god idé att tala tidigare om det där abstrakta. Vi vill ju att dom ska se skillnaderna och likheterna på mikronivån och relatera detta till de konkreta experimenten.

Vad har hänt med partiklarna när det löst sig? Å vad har hänt när det inte löst sig?

Diskussioner som denna ledde fram till revideringen av lektion 2 och 3. Nedan visas ett utdrag från lektion 3 när samma experiment demonstrerades av lärare C i en ny elevgrupp:

Läraren: Jag blandar socker och vatten...

Elev 1: Sockret stannar på botten.

Läraren: Gör det? Kom å titta närmare!

(Eleven reser sig och går fram till katedern)

Elev 1: Sockret är borta

Läraren: Är det borta? Vad har hänt?

Elev 2: Samma som med saltet nyss

Vikström

Läraren: Vad menar du när du säger "samma sak"?

Elev 2: Sockermolekylerna har spritt ut sig mellan vattenmolekylerna

.....

Läraren: Hur är det med vatten och olja?

Elev 3: Det blir ett lager på ytan

Läraren: Ja, oljemolekylerna stannar där

.....

Läraren: Om jag blandar vatten och alkohol då?

Elev 4: Det löser sig

Läraren: Var är molekylerna?

Elev 4: Alkoholmolekylerna är i tomrummet mellan vattenmolekylerna

Utdraget visar ett exempel på hur även små skillnader i dialogen med eleverna, kan skapa skillnader i variationsmönster som påverkar elevernas lärande. Lärare C gjorde det möjligt för eleverna att urskilja tomrummet mellan partiklarna och sambandet mellan den makroskopiska och sub-mikroskopiska nivån genom att i interaktionen med eleverna behandla dessa nivåer samtidigt. Bland eleverna i denna sista elevgrupp var det ingen som besvarade förtestuppgiften genom att beskriva en lösning på molekylär nivå, i eftertestet gjorde 50% av dem detta och flertalet av dessa uttryckte sig dessutom om partiklarna i både lösningsmedlet och i det ämne som löste sig. Genom att peka ut tomrummet mellan partiklarna och genom att i dialogen med eleverna behandla observationerna som gjordes vid experimenten och förklaringarna på partikelnivån simultant blev det möjligt för eleverna att beskriva lösningsprocessen på ett nytt och mer naturvetenskapligt, sätt (Vikström m.fl., 2013).

### ***Skillnaden mellan en vardaglig och en naturvetenskaplig beskrivning av ett fenomen***

Att elever kan ha svårigheter att uttrycka sig med naturvetenskapliga termer och begrepp var väl känt för lärarna sedan tidigare, inte minst genom att detta är något som uppmärksammas i kursplanernas kunskapskrav. Även här kunde variationsteorin fungera som guidande princip; för att förstå hur en uppgift kan besvaras med kemins termer och begrepp kan det vara till hjälp att inse hur ett svar där dessa termer och begrepp *inte* används kan se ut. I gruppmötet som föregick lektion 3 diskuterades därför vikten av att peka ut skillnaderna mellan det vardagliga och det naturvetenskapliga språket och denna aspekt kan ses som en bidragande orsak till det förbättrade resultatet på uppgiften "Förklara så detaljerat du kan vad en lösning är" i elevtestet efter lektion 3 (tabell 2). Läraren i lektion 3 gav sina elever exempel på hur ett och samma fenomen, till exempel när salt löser sig i vatten, kan beskrivas på olika sätt: på en makroskopisk, vardaglig nivå och på en sub-mikroskopisk nivå med kemins termer och begrepp. Genom att kontrastera dessa två sätt att beskriva ett fenomen mot varandra blev den kvalitativa skillnaden mellan dem möjlig att uppfatta för eleverna (Vikström m.fl., 2013).

## Slutsatser och diskussion

Lärares traditionella naturvetenskapliga undervisning bygger, i syfte att uppnå en generell förståelse för ett begrepp, ofta på att ge elever många exempel på samma sak för att visa på likheter. Variationsteorin bidrar med insikten om att det kan vara viktigare att visa på *skillnader*, något som alltså kräver att vissa begrepp behandlas samtidigt. Denna studies analys av relationen mellan undervisningen och dess resultat, visade att vissa sätt att behandla ämnesinnehållet gjorde skillnad för elevernas lärande. Lärare har alltid varierat sin undervisning på olika sätt och med olika utgångspunkter, det är i sig inget nytt. Det variationsteorin kan bidra med är att den kan hjälpa lärare att använda variation på ett medvetet sätt, såväl med avseende på elevers varierande förståelse av ett lärandeobjekt som med avseende på hur variation kan lyfta fram kritiska aspekter. Ett ämnesinnehåll har många aspekter, men alla aspekter är inte lika kritiska för ett visst lärandeobjekt och en viss elevgrupp (Marton & Tsui, 2004). Genom att kontrastera begreppen materia och energi, genom att visa på sambandet mellan den makroskopiska och sub-mikroskopiska nivån och genom att fästa elevernas uppmärksamhet på tomrummet mellan partiklarna, manifesterades variationsmönster som gynnade elevernas lärande. Efter att i början av projektet visat på en mer naiv förståelse och användning av materiabegreppet utvecklades elevernas förståelse av materians sub-mikroskopiska karaktär och hur den kan relateras till den makroskopiska nivån, en progression i linje med vad Hadenfeldt m.fl. (2014) beskriver. Dessutom, genom att klargöra skillnaden mellan en beskrivning med ett vardagligt och ett naturvetenskapligt språk utvecklades elevernas förmåga att uttrycka sig på ett mer komplext och vetenskapligt sätt. Detta visade sig i elevernas förmåga att beskriva och förklara fenomenet lösning i Learning study 3.

Forskargruppen fann att förändringar i hur lektionerna planerades och genomfördes i relation till vilka aspekter som var möjliga, eller inte möjliga, för eleverna att erfara återspeglades i resultatet av elevtesterna. Variationsteorin har fungerat som en guidande princip och resultatet har visat att det är fruktbart att synliggöra skillnader genom att behandla begrepp simultant och inte ett i taget. Något som inte kan påstås däremot, är att manifesterandet av kontraster nödvändigtvis medför att alla elever kommer att lära sig det som var avsett i någon form av orsak-verkan samband, bara att möjligheten erbjudits dem.

Resultaten från en mängd Learning studies inom en rad olika ämnesområden har publicerats. Generellt kan en Learning study visa vad som är nödvändigt att lyfta fram för att en grupp elever ska förstå något på ett särskilt sätt (Lo, 2014; Marton, 2014). Kullberg (2012) och Runesson & Gustafsson (2012) hävdar att det inte är möjligt att lista kritiska aspekter och använda dem på ett statistiskt vis av nya lärare i nya sammanhang eftersom kritiska aspekter alltid måste betraktas relativt, och anpassas till, den aktuella elevgruppen. Men Kullberg och Runesson & Gustafsson argumenterar utifrån sina resultat också för att kritiska aspekter som identifierats i Learning studies kan användas som resurser i nya situationer eftersom lärare visat sig kunna anpassa dem till en helt ny kontext. Kunskapsprodukterna från en Learning study är med andra ord vare sig helt generella eller helt unika (Kullberg, 2012; Runesson &

Vikström

Gustafsson, 2012). Det unika med denna praxisnära studie är att den fokuserar utforskandet av kritiska aspekter hos ett specifikt naturvetenskapligt begrepp, materiabegreppet, i tre olika Learning studies inom tre olika ämnesområden. Resultatet kan ses som ett exempel på undervisningsforskning, 'science of teaching' (Elliot, 2012), som behövs som komplement till annan ämnesdidaktisk forskning. Genom att använda klassrummet som laboratorium kan ämnesdidaktiska kunskaper tillsammans med variationsteoretiska principer utveckla nödvändiga kunskaper som överbryggat gapet mellan forskning och praktik. Resultatet pekar på vad som kan vara viktigt att lyfta med avseende på materiabegreppet i naturvetenskaplig undervisning och visar också exempel på hur det kan göras. Dessa kritiska aspekter skulle kunna vara användbara för andra lärare och inom många naturvetenskapliga kunskapsområden eftersom de har en så generell karaktär. För att visa detta krävs dock att resultaten prövas av andra och i nya sammanhang.

Ämnesdidaktisk forskning har, främst genom intervjustudier, skapat en omfattande mängd värdefull kunskap om elevers förståelse av begreppet materia (Tsaparlis & Sevian, 2013; Hadenfeldt m.fl., 2014). Longitudinella studier, som till exempel Löfgren & Helldén (2009), har bidragit med en bild av hur elevers förståelse kan utvecklas över tid. I undervisningspraktiken är det betydelsefullt att lärare kan finna vägar att integrera och anpassa dessa forskningsresultat på ett sådant sätt att elevers lärande möjliggörs. Även om forskning visat att elever kan ha svårt att inse var materia finns och inte finns, eller att de inte uppfattar tomrummet mellan partiklar, så var det i Learning study projektet upptäcktes gjordes om hur olika sätt att behandla lärandeobjektet gjorde skillnad för elevernas förståelse. Tillämpningen av variationsteorin visade på värdet av att kontrastera materia och energi mot varandra och det upptäcktes hur tomrummets existens kunde lyftas i interaktionen med eleverna. De frågor som forskning måste ge svar på är inte bara frågor om vad som är svårt för elever att förstå. Viktiga att besvara är också frågor om vilka aspekter som är nödvändiga att synliggöra för att elever ska lära sig det läraren avser, och hur detta kan ske i undervisningspraktiken.

Hadenfeldt m.fl. (2014) har analyserat 124 forskningsartiklar om begreppet materia som publicerats mellan åren 2003 och 2012. Deras granskning ledde fram till slutsatser om vad forskningen inom området bör beakta i framtiden. En fråga gäller den föreslagna modellen för progression i förståelsen, en modell där eleverna utvecklar sin förståelse från en naiv nivå till en förståelse för materians sub-mikroskopiska natur och dess relation till materians makroskopiska egenskaper. Kan en sådan modell fungera generellt, i vilken grad är progressionen individuell och kontextberoende? En annan fråga gäller utvecklingen av verktyg för bedömning av elevers förståelse. Denna fråga kan betraktas ur ett variationsteoretiskt perspektiv och kopplas till kunskapskraven i kemi där lärare måste bedöma elevers olika förmågor att förstå samma sak. Vilka kritiska aspekter skiljer exempelvis betyget C från betyget A? Vilka kritiska aspekter måste elever erbjudas att urskilja för att nå det godkända betyget E? Den tredje, och för denna studie kanske viktigaste frågan, är enligt Hadenfeldt m.fl. (2004), forskning om hur undervisning kan utformas för att utveckla elevers förstå-

else för begreppet materia.

Det som forskning behöver tillföra är kunskap om vilka undervisningshandlingar som kan utveckla elevers lärande av begreppet materia, och i ett variations-teoretiskt perspektiv innebär detta att finna de variationsmönster som möjliggör för elever att urskilja begreppets kritiska aspekter. Svaren på den typen av frågor måste eftersökas i praxisnära studier där själva relationen mellan den iscensatta undervisningen och elevernas lärande studeras. Learning study modellen kan erbjuda nya perspektiv och möjligheter och därmed utgöra ett värdefullt komplement till annan ämnesdidaktisk forskning.

En generell slutsats (och förslag) är att Learning studies och variationsteori kan vara ett användbart verktyg för att överbrygga klyftan mellan forskningen och yrkespraktiken, "the theory and practice gap" som Nuthall (2004) adresserar. Teorin kan vägleda lärare i deras dagliga arbete men inte enbart detta, praxisnära forskning i form av Learning studies kan också bidra med ny ämnesdidaktisk kunskap.

## Referenser

- Abraham, M.R., Gryzybowski, E.B., Renner, J.W. & Marek, A.E. (1992). Understanding and misunderstanding of eight graders of five chemistry concepts found in textbooks, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, nr. 2, ss. 105-120.
- Andersson, B. (2008). *Grundskolans naturvetenskap-forskningsresultat och nya idéer*. Lund: Studentlitteratur.
- Calýk, M, Alipasa, A. & Ebenezer, J.V. (2005). A review of solution chemistry studies: Insights into students' conceptions, *Journal of Science Education of Technology*, vol. 14, nr. 1, ss. 29-50.
- Elliot, J. (2012). Developing a science for teaching through lesson study, *International Journal for Lesson and Learning Studies*, vol. 1, nr. 1, ss. 108-125.
- Hadenfeldt, J.C., Liu, X., & Neumann, K. (2014). Framing students' progression in understanding matter: a review of previous research, *Studies in Science Education*, vol. 50, nr. 2, ss. 181-208, DOI:10.1080/03057267.2014.9945829.
- Kullberg, A. (2012). Can findings from learning studies be shared by others?, *International Journal for Lesson and Learning Studies*, vol. 1, nr. 3, ss. 233-244.
- Lo, M.L. (2014). *Variationsteori-för bättre undervisning och lärande*. Lund: Studentlitteratur.
- Löfgren, L. & Helldén, G. (2009). A longitudinal study showing how students use a molecule concept when explaining everyday situations, *International Journal of Science Education*, vol. 31, nr. 12, ss. 1631-1655.
- Marton, F. (2014). *Necessary Conditions of Learning*. New York: Routledge
- Marton, F. & Booth, S. (1997). *Om lärande*. Lund: Studentlitteratur
- Marton, F. & Tsui, A. (red.) (2004). *Classroom discourse and the space of learning*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- Nuthall, G. (2004). Relating classroom teaching to students learning: A critical analysis of why research has failed to bridge the theory-practice gap, *Harvard Educational Review*, vol. 74, nr. 3, ss. 273-306.

Vikström

- Pang, M.F. & Marton, F. (2013). Interaction between the learners' initial grasp of the object of learning-a resource afforded, *Instructional Science: An International Journal of the Learning Sciences*, vol. 41, nr 6, ss. 1065-1082, doi: 10.1007/s11251-013-9272-7.
- Runesson, U. & Gustafsson, G. (2012). Sharing and developing knowledge products from Learning Study, *International Journal for Lesson and Learning Study*, vol. 1, nr 3, ss. 245-260.
- Skolverket (2004). *Nationella utvärderingen av grundskolan 2003. Sammanfattande huvudrapport*. Rapport 250:2004.
- Talanquer, V. (2009). On cognitive constraints and learning progressions; The case of "structure of matter", *International Journal of Science Education*, vol. 31, nr. 15, ss. 2123-2136.
- Tsaparlis, G. & Sevian, H. (2013). Introduction: Concepts of Matter – Complex to Teach and Difficult to Learn, *Innovations in Science Education and Technology*, vol. 19, ss. 1-8.
- Vikström, A. (2005). *Ett frö för lärande-en variationsteoretisk studie av undervisning och lärande i grundskolans biologi*. (Diss.) Luleå: Luleå tekniska universitet.
- Vikström, A. (2008). What is intended, what is realized, and what is learned? Teaching and learning biology in the primary school classroom, *Journal of Science Teacher Education*, vol. 19, nr. 3, ss. 211-233.
- Vikström, A. (2014). What Makes the Difference? Teachers Explore What Must be Taught and What Must be Learned in Order to Understand the Particulate Character of Matter, *Journal of Science Teacher Education*, vol. 25, nr.6, ss. 709-727. DOI 10-1007/s10972-014-9397-9
- Vikström, A., Billström, A., Fazeli, P., Hansson, G., Holm, M., Jonsson, K. & Rydström, P. (2013). Teachers' Solutions? A learning study about solution chemistry in grade 8, *International Journal of Lesson and Learning Studies*, vol. 2, nr. 1, ss. 26-40.