

Variation av undervisningsinnehåll för att möjliggöra urskiljning av kritiska aspekter av begreppet densitet

J Magnusson & T Maunula

Denna artikel fokuserar undervisning om begreppet densitet och svårigheterna att få elever att lära sig det vi önskar. Syftet är att beskriva resultaten av en Learning study; kritiska aspekter av densitetsbegreppet samt en fördjupad förståelse av detta undervisningsinnehåll. Studien genomfördes i skolår 7 och 8 och målet var att få elever att kunna urskilja densitet hos olika gaser, vätskor och fasta föremål. Teoriramverket är variationsteoretiskt och i artikeln beskrivs hur denna teori om lärande kom att användas i praktiken av lärare, både före, efter och i undervisning. Resultatet av studien blev att vi lärare mer distinkt kunde urskilja kritiska aspekter för densitetsbegreppet och att vår förståelse av lärandeobjektet fördjupades genom att vi provade ut olika kritiska aspekter i undervisning. Vi menar att dessa aspekter kan ses som ett ämnesdidaktiskt bidrag till NO-undervisning. Dessutom beskrivs en undervisningssekvens om densitet, som genomförs efter studien, som ett exempel på de mer långtgående effekterna som vi menar att learning study kan ge.

LEARNING STUDY HAR UNDER DE SENASTE ÅREN blivit en allt vanligare företeelse i den svenska skolan och sedan introduktionen 2003 har hundratals lärare prövat minst en learning study i sitt klassrum (se till exempel Skolverket, 2011). Vilken sorts kunskaper om undervisningsinnehållet kan utvecklas i en learning study? I denna artikel beskriver vi resultat och slutsatser från en learning study om densitet samt diskuterar de konsekvenser dessa upptäckter fick för vår syn på undervisningsinnehållet. Densitet är en fysikalisk egenskap hos ett ämne som påverkar vardagliga företeelser som till exempel varför föremål flyter eller sjunker och hur vindar och



Joakim Magnusson, 4–9-lärare i matematik, slöjd och NO samt forskarstuderande i pedagogiskt arbete vid Göteborgs universitet.



Tuula Maunula, 4–9-lärare i matematik och NO samt forskarstuderande i pedagogiskt arbete vid Göteborgs universitet.

strömmar i havet uppstår. Om vi vill att elever ska lära sig att förstå fenomen som dessa behöver uppfattningar som relaterar till hur lätt, tungt, stort eller litet något är utmanas, då de är uppfattningar som ger uttryck för att det är vikt och volym snarare än densitet som fokuseras. Eftersom densitet relateras till både volym och vikt är det ett komplext undervisningsinnehåll, som vi av erfarenhet vet att våra elever har haft svårt att lära sig.

Bakgrund

I januari 2003 påbörjades ett samarbete mellan forskare från Göteborgs universitet och lärare från två skolor i Öjersjö utanför Göteborg. Syftet med samarbetsprojektet var att introducera och pröva learning study som forsknings- och skolutvecklingsmodell i Sverige (se till exempel Kullberg, 2010). Totalt genomfördes nio studier, samtliga i matematik, med elever i åldrarna 6 till 15 år. Då projektet avslutats bestämde sig de deltagande lärarna och skolledningen för en fortsatt implementering av learning study som skolutvecklingsmodell. Lärare med erfarenheter från de tidigare studierna fungerade nu som handledare för andra lärare i varierande ämnen. Sedan introduktionen för drygt tio år sedan har totalt 23 learning studies genomförts på de båda skolorna. Denna studie är en av dessa och den genomfördes av fem lärare¹ i NO och i fyra olika klasser i skolår 7 och 8. En av lärarna, som hade deltagit i fyra studier i matematik och varit handledare i en av dessa, fungerade som handledare för skolans första studie om ett naturvetenskapligt begrepp, densitetsbegreppet. Samtliga lärare hade deltagit i learning study innan denna studie påbörjades och flera hade varit handledare för andra studier.

Syfte och frågeställningar

Syftet med artikeln är att beskriva hur learning study kan bidra till att fördjupa lärares förståelse av ett undervisningsinnehåll.

Frågeställningarna är:

- Vilka aspekter av densitetsbegreppet är kritiska för elevernas förståelse?
- Hur utvecklas lärarnas uppfattning av fenomenet under en learning study?

Teoretiskt perspektiv: Variationsteori

I denna studie, liksom i flertalet av learning studies hittills, är variationsteorin den teori om lärande som används som teoretiskt ramverk. Lärande ses ofta i vardagliga sammanhang som en kunskapsökning, men i ett variationsteoretiskt perspektiv beskrivs istället lärande som förändringar i sätt att se (Marton & Booth, 1997). Det kan innebära att man till exempel helt förändrar uppfattning om något, som att förändra sin syn på varför det blåser, från att träden ruskar fart på vinden med sina löv till att det handlar om luftmassor som förflyttas på grund av tryckskillnader. Detta exempel innebär att man helt lämnar sitt gamla paradig. Det kan även innebära att

1. Av dessa fem är artikelns författare två. Joakim Magnusson var handledare och Tuula Maunula var lärare i lektion 4.

man gör allt mer distinkta urskiljningar och till exempel lär sig se fler nyanser av brunt eller att man lär sig att urskilja flera möjliga perspektiv på fenomenet trängsel-skatt, men det gemensamma är att lärande innebär förändringar i sätt att se fenomen. Variationsteorin har utvecklats från den fenomenografiska forskningsansatsen, där skillnader mellan uppfattningar om olika fenomen undersöks och beskrivs (Marton, 1981). Ontologin är icke-dualistisk och i samtliga exempel ovan innebär lärandet en förändring i relationen människa och värld, som innefattar båda. För att kunna göra urskiljningar är en förutsättning att man kan jämföra aspekter. Jämförandet är själva grunden för variationsteorin, eftersom lärande är urskiljandet av olikheter (Marton & Booth, 1997).

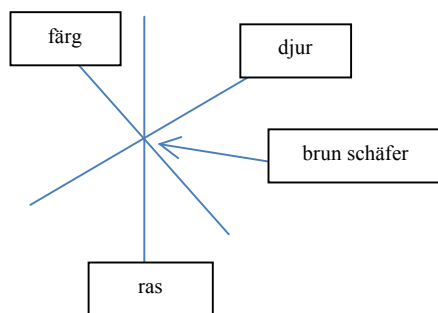
Centrala begrepp inom det variationsteoretiska ramverket, som lärandeobjekt, kritiska aspekter, dimensioner av variation samt variationsmönster, används som verktyg i en learning study. Dels används teorins syn på lärande som utgångspunkt i studierna, eftersom man eftersträvar en förändring i sätt att uppfatta fenomen hos eleverna, dels används variationsmönster i både planering, genomförande och analys av lektionerna för att uppnå lärande (se till exempel Lo & Marton, 2012). Vi menar att en av grundpelarna för variationsteorin är att i undervisning utgå ifrån elevers existerande sätt att se. Till exempel betonar Lo (2012) vikten av att i undervisning skapa en kontrast mellan olika sätt att uppfatta fenomen, till exempel mellan olika elevers intuitiva uppfattningar och en mer naturvetenskapligt vedertagen, för att öka möjligheterna till lärande.

Allt lärande har en innehållslig dimension och *lärandeobjektet* beskriver det avgränsade fenomen och den förmåga som eleverna ska lära sig i undervisningen, utifrån de deltagande lärarnas perspektiv (se till exempel Wernberg, 2009, Häggström 2008). Man tar ofta sin utgångspunkt i styrdokument för att därefter specificera och konkretisera vad man vill uppnå med lektionen genom att ställa frågor som; vad är det vi vill att våra elever ska lära sig och vad innebär det att kunna det? Samtidigt väljer man ofta ett lärandeobjekt som man upplever att eleverna har svårt att förstå, något som är komplext att undervisa om. För att lära sig ett lärandeobjekt behöver vissa aspekter urskiljas. Ska man till exempel förstå prisbildning måste aspekterna tillgång och efterfrågan urskiljas (Marton & Pang, 2006). Att kunna urskilja dessa är avgörande för elevernas förståelse och de utgör *kritiska aspekter* för fenomenet prisbildning. I en learning study kan de kritiska aspekterna ses som ett verktyg, då man börjar med att formulera hypotetiska kritiska aspekter och sedan undersöker och omformulerar dessa i en cyklisk process, men de kan även ses som själva resultatet av studien och då bli ett kunskapsbidrag i ämnesdidaktik. Eftersom lärandeobjektet konstitueras av de kritiska aspekterna kan man beskriva lärandeobjektet efter studien genom att beskriva dess kritiska aspekter. För att kritiska aspekter ska kunna urskiljas krävs en variation i just dessa aspekter (se till exempel Marton & Pang, 2006). Om alla toner vore identiska skulle ton tappa sin innebörd och olika röster skulle till exempel inte gå att urskilja (Carlgren & Marton, 2000).

Aspekterna kan i en undervisningssituation, när man har ett visst syfte, tydliggöras i *variationsmönster* (se till exempel Lo, 2012). Det finns en poäng i att skapa

kontrast när man vill möjliggöra för elever att urskilja ett nytt fenomen eller begrepp, medan *generalisering* kan vara bättre när det gäller att lära sig att bortse från vissa saker, som att vinklar är vinklar även om de inte ligger horisontellt i planet. Vi ser dessa två mönster som olika former av *separation*. Variationsmönstret *fusion* är istället ett mönster där flera aspekter varierar simultant. Även om det kan vara en god idé att börja i fusion, i helheten snarare än detaljerna, för att elever ska få möjlighet att urskilja den bakgrund mot vilket lärandeobjektet ska fokuseras (Marton, 2009 i Lo 2012) är det av vikt att även låta aspekter varieras och hållas konstanta i olika mönster i undervisningen. När enskilda aspekter är urskilda kan fusion åter användas för att relatera delarna till varandra och till helheten.

Lo (2012, s. 60) beskriver med hjälp av exemplet brun schäfer skillnaden mellan kritiska värden och kritiska aspekter, där djur, ras och färg är aspekter av en brun schäfer. Dessa aspekter utgör tillsammans olika *dimensioner av variation*, där till exempel vit, svart och brun är skilda värden i aspekten färg. Om man kan urskilja en brun schäfer så innebär det samtidigt att man kan se att hund, schäfer och brun är olika värden ur aspekterna djur, ras och färg. Samtidigt har man identifierat vad det *inte* är ur aspekterna färg och djur, att det till exempel inte är en grå bondkatt. Detta kan illustreras med följande figur.



Figur 1: Dimensioner av variation av brun schäfer, Lo. (2012, s. 60. Översättning av förf.)

Metod

Learning study-cykeln

Learning study har inspirerats av den japanska och kinesiska traditionen att systematiskt och djupgående analysera och undersöka den egna undervisningen med hjälp av så kallade Lesson study (Lo m fl, 2005). I detta avsnitt beskrivs några gemensamma drag och karakteristiska skillnader. Både lesson – och learning – study är cykliska processer där lektioner kollektivt planeras och revideras allteftersom studien fortgår. I detta ingår att formulera mål för vad som ska läras och att under naturliga förutsättningar bedriva en undervisning som andra lärare observerar. Lektionen analyseras i syfte att identifiera i vilken utsträckning man lyckas nå målsättningen med lektionen. Utifrån denna analys revideras lektionsplaneringen och en ny lektionsplanering upprättas. Denna lektionsplan kan därefter testas och användas i en ny grupp med nya elever (Runesson & Gustafsson, 2012). Lektionsplaneringarna i en lesson study kan se olika ut men de har gemensamma drag då

de på detaljnivå behandlar lärares och elevers agerande, aktiviteter och förväntade respons på undervisningen (Runesson & Gustafsson, 2012). Morris & Hiebert (2011) menar att dessa planeringar representerar den kunskap som krävs för att undervisa och hjälpa eleverna att nå de mål man satt upp för lektionen. Denna kunskap ska kunna föras vidare och vidareutvecklas av andra.

I en learning study däremot studerar man hur lektionens innehåll behandlas, vilket innebär att den kunskap som produceras under studiens gång dokumenteras på ett annat sätt. Skälet är att då man i slutet av nittioalet, med inspiration från lesson study, utvecklade learning study i Hong Kong och Sverige, även tillförde en specifik teori om lärande; variationsteorin (Runesson & Gustafsson, 2012). Det som dokumenteras är de kritiska aspekter som under studiens gång identifierats samt de variationsmönster som planerats inför lektionerna. De kritiska aspekterna är relaterade till olika uppfattningar av lärandeobjektet. Att ta reda på elevernas aktuella uppfattningar av lärandeobjektet är därför en av utgångspunkterna i en learning study. Detta görs med hjälp av skriftliga och/eller muntliga förtester. De förändringar i elevers uppfattningar som skett under lektionerna analyseras efter undervisning med hjälp av eftertester.

Tidigare forskning²

Det har gjorts omfattande studier av hur elever uppfattar densitetsbegreppet, uppfattningar som man med hjälp av undervisningsaktiviteter på olika sätt försöker utmana och vidareutveckla. Vi beskriver denna forskning under tre olika rubriker; att betrakta densitet på skilda sätt, elevuppfattningar om näraliggande begrepp samt undervisning om densitet.

Att betrakta densitet på tre skilda sätt

De flesta av studierna i denna översikt tycks behandla densitet på en fysikalisk partikelnivå eller i form av matematiska beräkningar där volym och massa jämförs i syfte att identifiera densitet. Enligt Maclin med flera (1997) är det främst våra dagliga erfarenheter av att jämföra material av varierande vikt och volym som ligger till grund för våra intuitiva uppfattningar av densitetsbegreppet. Då till exempel material med samma volym men med olika vikt hanteras och jämförs kan antaganden om att vissa material är tyngre än andra göras. Detta är enligt författarna något som kan betecknas som en icke formell begreppsutfattning av densitet vilket skiljer sig från en mer formell vetenskaplig definition där densitet ses som ett matematiskt förhållande mellan massa³ och volym. Proportionerliga jämförelser görs då i syfte att till exempel identifiera om material av varierande vikt och volym har samma densitet det vill

2. Den forskningsgenomgång som ligger till grund för detta avsnitt är gjord efter det att vi genomförde den learning study som presenteras i artikeln.

3. Maclin m fl (1997) använder sig av benämningen vikt i stället för massa eftersom vikt ansågs vara ett mer vedertaget begrepp bland eleverna. Detta är något vi också valde att göra i vår studie och i denna artikel.

säga identifiera massa per volymenhet (se till exempel Hewson och Hewson, 1983). Vikt och volym måste då beräknas innan man med hjälp av dess kvot kan bestämma materialets densitet. Ur ett lärandeperspektiv kräver detta inte bara förståelse för proportionalitet utan även för hur man mäter vikt och volym.

Enligt Maclin med flera (1997) är den vetenskapliga definitionen viktig för att uppnå en djupare förståelse av densitetsbegreppet men den bör föregås av en mer kvalitativ icke formell förståelse där jämförelser mellan material görs utifrån resonemang kring hur eleverna uppfattar materialens vikt, volym och densitet. Ett alternativt sätt att betrakta förståelse av densitet framförs av Hitt (2005) som beskriver den på tre vetenskapliga nivåer, en makroskopisk, en symbolisk och en mikroskopisk. Den makroskopiska nivån är enligt författaren enklare för elever att förstå än den matematiskt symboliska eftersom jämförelser görs mellan material som man kan se och känna på. På den mikroskopiska nivån behandlas materia på partikelnivå och illustreras med hjälp av partikelmodeller. Hawkes (2004) och Forbes (2004) anser att allt för många elever betraktar densitet som ett resultat av den aritmetiska operationen att dela massa med volym.

Neanderthals knew no math yet knew that rock has a higher density than wood and used that knowledge to their advantage. Too many students believe that density is the result of the arithmetic operation of dividing mass by volume (Hawkes, s. 14, 2004).

Författaren avser att elever inte kan urskilja ett ämnes densitet med hjälp av numeriska värden utan att även ett kemiskt partikeltänkande måste tas i beaktande, att densitet är ett mått på hur tät massa packas. Detta innebär att man måste kunna ta hänsyn till två aspekter för att förstå vad olika densitet beror på; både atommassa och avstånd mellan atomer. Xu & Clark (2012) menar att man för att uppnå en djup förståelse måste integrera den makroskopiska och den mikroskopiska nivån. I deras indelning ingår symbolnivån (vikt per volymenhet) i den makroskopiska nivån medan den mikroskopiska nivån överensstämmer med Hawkes (2004) beskrivning. Gabel & Bunce (1994) anser att bristande förståelse för massa, volym och densitet kan kopplas till brister i förståelse av materia på partikelnivå. I Nordlab (n.d) beskrivs samma nivåer som Hitt (2005) där man menar att ämnen i kemiska reaktioner kan observeras och mätas på makronivå, förstås med hjälp av atomer och molekyler på mikronivå och med hjälp av formler, beräkningar, bilder med mera kommuniceras på representationsnivå (motsvarande Hitts symbolnivå). I den studie vi genomförde kretsade undervisningen kring den makroskopiska nivån även om vi lärare tvingades börja med att fördjupa vår egen förståelse på den mikroskopiska nivån, det vill säga vad olika densitet beror på.

Elevuppfattningar om densitet, materia, massa och volym

Volym och massa är direkt mätbara storheter medan densitet är förhållandet mellan dessa storheter. Detta gör att densitetsbegreppet är mer komplext och enligt Dawkins med flera (2008) därmed svårare att förstå. Lybeck (1981) undersökte med hjälp av elevintervjuer utförda i årskurs 7 och i årskurs 1 på gymnasiet den variation av

elevuppfattningar som uppträder om densitet och om varför ett föremål flyter eller sjunker i vatten. Dessa uppfattningar kategoriserades efter distinkta kvalitativa skillnader, enligt den fenomenografiska forskningsansatsen. Lybeck exemplifierar med hjälp av två elever kvalitativt skilda uppfattningar där den ena uppfattar att ett föremål sjunker därför att det är tungt medan den andre istället uppfattar att det beror på att föremålets densitet är större än vattnets. Den första uppfattningen ger enligt författaren uttryck för en vardagsfysikalisk förklaring medan den andra kan anses ge uttryck för en mer vedertagen fysikalisk förklaring. Tre fenomenografiska utfalls-kategorier presenteras där uppfattningarna i den första är av en enkel, absolut karaktär vilket Lybeck benämner som en *klassifikatorisk uppfattning*. Detta är uppfattningar som tar sig uttryck i att enbart en aspekt av fenomenet tas i beaktande, till exempel vikt, och aspekter som volym, densitet och relationen till vattnet som föremålet sänks ned i bortses ifrån.

Denna kategori är, enligt Lybeck, den dominerande och kan kopplas till det som av Inhelder och Piaget (1968 i Lybeck, 1981) beskrivs som fyra irrelevanta principer kring materia, som är vanligt förekommande bland elever yngre än 13–14 år. Även här beskrivs att endast *enskilda aspekter* framförs som argument till huruvida ett föremål flyter eller inte. Det kan vara föremålets absoluta vikt, föremålets absoluta volym, föremålets absoluta yta mot vätskan eller absoluta volymen av vätskan som föremålet sänks ned.

I Lybecks andra kategori, *komparativ uppfattning*, görs jämförelser mellan föremålets och vattnets egenskaper såsom tyngd och volym, där det avgörande för ett föremåls bärkraft är om det är lättare eller tyngre än något annat med samma volym. Uppfattningen att en sten sjunker för att den är tyngre än vattnet ger enligt Lybeck uttryck för att eleven underförstått kan urskilja att två lika volymer av ämnen jämförs. I den tredje kategorin, *kvantitativ uppfattning*, känner eleverna till den formella symboliska definitionen och försöker kvantifiera relationen mellan egenskaperna med hjälp av variabler. Däremot är det oklart vilken innebörd de lägger i begreppet. Vissa elever har till exempel problem att skilja mellan tyngd och densitet även om de kan uttrycka den matematiska formeln.

Herrington och Scott (2011) menar att elever i åldrarna 14–22 år ofta är bra på att lösa matematiska densitetsproblem men att de har större svårigheter att till exempel förklara varför vissa föremål flyter medan andra sjunker i olika vätskor, vilket kan tolkas som att de inte har urskilt densitet på makroskopisk nivå. Författarna pekar på två skilda elevuppfattningar av densitet. Den första uppfattningen, att ju mer massivt ett föremål är, desto högre densitet har det, oavsett dess volym, beskrivs även av Barker och Miller (1999). Detta resonemang innebär till exempel att fasta föremål har högre densitet än flytande. Den andra uppfattningen är att föremål flyter för att de är så små och lätta, vilket är en uppfattning som tyder på att volym och densitet inte tas i beaktande, beskrivs även av Krnel med flera (1998). Dessa uppfattningar tycks passa in under Lybecks (1981) tidigare beskrivna kategori där enbart en aspekt tas i beaktande.

Undervisning om densitet

I den forskning som gjorts beträffande undervisning om densitet är det de tre nivåerna – mikro, makro och symboliskt – som i varierande utsträckning behandlas. I vår forskningsgenomgång är den vanligast förekommande formen den symboliska (matematiska) nivån (Hewson & Hewson, 1983; Herrington & Scott, 2011; Hitt, 2005; Baker & Woodward, 2001; Lybeck, 1981) vilken dock oftast kombineras med någon av de andra nivåerna. Lybeck (1981) menar till exempel att elevuppfattningarna, som identifierats i fenomenografiska intervjuer om densitet och proportionalitet, behöver utmanas i undervisning vilket i Lybecks fall görs både på makronivå och på symbolisk matematisk nivå. Enligt Dawkins med flera (2008) är det viktigt att lärare förstår att elever som tycks behärska den symboliskt matematiska nivån inte nödvändigtvis förstår den bakomliggande meningen med operationerna på en makroskopisk nivå. Kohn (1993) menar att det vid densitetsexperiment, där objekt med olika densitet sänks ner i en vätska, är viktigt att jämförelser av lika vikt och olika volym samt lika volym och olika vikt görs, snarare än att fokusera på huruvida föremålen sjunker eller flyter. Dessa jämförelser kan bidra till att vidga elevernas kunskaper utan att beräkningar görs.

Flera studier (till exempel Hewson, 1986; Xu & Clark, 2012) beskriver hur elever i undervisning relaterar densitetsskillnader i material till täthet, det vill säga att de inte tar hänsyn till atomslag i material.

I en studie i USA (Maclin m fl, 1997) undervisades 30 elever i årskurs åtta under en tioveckorsperiod om begreppen materia, vikt, volym och densitet. Undervisningen behandlade de tre nivåer av densitetsbegreppet som tidigare beskrivits. En av slutsatserna som forskarna drog är att om man som elev ska kunna skilja på vikt och densitet hos varierande material i fast, flytande- och gasform måste man ha förstått grundläggande egenskaper hos materia, som att materia har massa och volym. Det visade sig att cirka en fjärdedel av eleverna i gruppen förknippade vikt med något som man kan se och ta på och att material som delades upp i mindre och mindre bitar till slut inte ansågs ha någon massa. För att bemöta detta ägnades flera lektioner åt att resonera kring vad som är materia och vad som inte är materia. Att vissa föremål eller ämnen uppfattas ha volym medan andra inte har det beskrivs av Hewson och Hewson (1983), till exempel kan vattnet i en kopp anses ha volym men inte själva koppen.

Genomförande och resultat

Avgränsningar för studien

Vi ägnade avsevärd tid i början av studien åt att reda ut vad olika densitet beror på. Vår atommodell omfattade att det som skiljer olika grundämnen åt är olika antal partiklar i atomerna och därmed blir förstås vikten på varje atom olika. Men på vilket sätt påverkar det densiteten? Innehåller en kubikcentimeter järn lika många atomer som en kubikcentimeter aluminium, under samma temperatur och tryck? Det är skillnad på att *förstå begreppet* densitet (vad något väger per volymenhet) och att förstå vad densitet *beror på* (olika antal elementarpartiklar och/eller olika avstånd

mellan atomerna). Hitt (2005) menar, som vi tidigare beskrivit, att begreppet densitet i undervisningen bör behandlas på tre vetenskapliga förståelsenivåer, makroperspektiv, mikroperspektiv och symbolisk. I en learning study utvecklas innehållet i lektionen i en cyklisk process, där syftet inte är att skapa den perfekta lektionen, utan att lära sig mer om innehållets behandling. Det är svårt att behandla alltför många aspekter av ett fenomen samtidigt om dessa ska bli möjliga att urskilja. Avgränsningar är därför nödvändiga. Vi valde att enbart fokusera makronivån i denna studie. Tryck och temperatur är faktorer som påverkar tätheten av partiklar i ett ämne och därmed densiteten. För att avgränsa vår learning study, då man endast har en lektion i fokus, behöll vi dessa faktorer konstanta i vår studie. I ett undervisningsperspektiv, när man har fler lektioner på sig, anser vi dock att det är viktigt att variera temperaturen och trycket i relation till densiteten.

Lärandeobjekt och hypotetiska kritiska aspekter

Vi ville att våra elever skulle kunna beskriva till exempel varför vissa fasta föremål flyter i vätskor medan andra sjunker. Lärandeobjektet för studien är *att förstå och kunna använda sig av densitetsbegreppet*. Vi använde skriftliga tester där vi försökte utforma frågor som skulle visa de skilda uppfattningar om volym, massa och olika material som fanns i elevgrupperna. Resultaten visade att begreppet densitet var okänt för de flesta av eleverna som deltog i studien. Vad som verkligen förvånade oss var att endast hälften av eleverna svarade korrekt på frågorna: *Vilket väger mest av 1 kg bly eller 1 kg luft?* samt *Vilket har störst volym av 1 liter bly och 1 liter luft?*

Vad behöver eleverna kunna urskilja, det vill säga vad är kritiskt för *att förstå och kunna använda sig av densitetsbegreppet*? Före lektionerna formulerade vi hypotetiska kritiska aspekter som utgjorde den grund utifrån vilken vi planerade vår första lektion och skapade de variationsmönster som vi trodde skulle hjälpa eleverna att urskilja dessa aspekter:

- att 1 kg alltid väger 1 kg, men att volymen kan vara olika
- att 1 liter alltid är 1 liter, men att vikten kan vara olika
- att man har konstanta volymer när man jämför densitet
- orsaker till densitet (bortom tryck och temp)

Variationsmönster i de fyra lektionerna

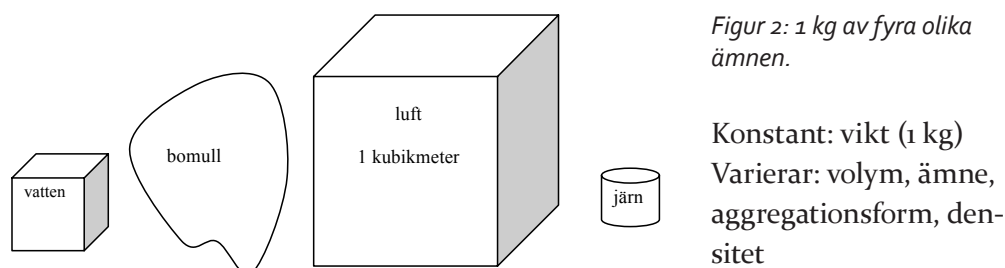
Under denna rubrik beskriver vi hur innehållet behandlades under de fyra lektionerna. Vi vill poängtera att det inte är fyra lektioner som en klass har haft utan fyra lektioner som genomförts i fyra olika klasser av fyra olika lärare. Varje elev har alltså enbart deltagit i en enda lektion. Det finns stora likheter mellan lektionerna men det är när man analyserar innehållets behandling som stora skillnader blir tydliga. Vi använde oss av variationsteorins olika mönster för att planera, genomföra och analysera lektionerna.

Den variationsteoretiska innehållsanalysen av lektionerna gjordes genom att vi först undersökte skillnader mellan testresultaten från de olika lektionerna för att därefter studera vilka olika variationsmönster i lektionerna som skulle kunna förklara

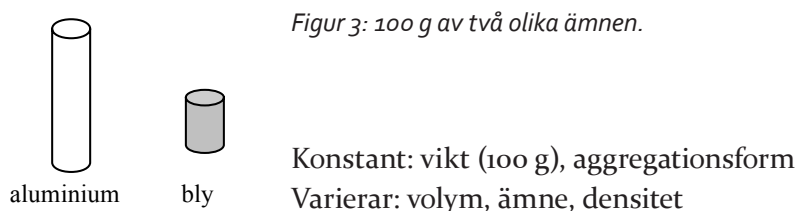
dessa skillnader. Alltså: analysen syftar till att svara på hur innehållets behandling under de olika lektionerna kan relateras till skillnader i elevtestresultat. I en lektion kan någon aspekt helt tas för given och på så sätt förbli omöjlig för eleverna att urskilja medan samma aspekt i en annan lektion kan synliggöras och varieras. Dessa skillnader i sätt att behandla innehållet är objektet för analysen.

Variationsmönster i lektion 1 och 2

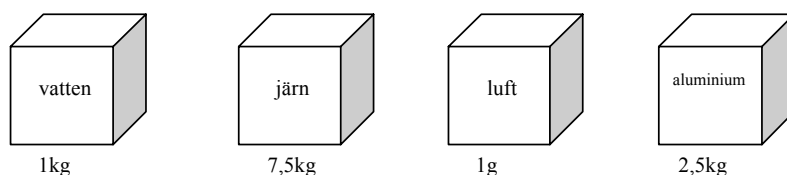
Om vi vill att eleverna ska kunna se att 1 kg alltid är 1 kg men att detta kan ha olika volym, ska vi låta vikten vara konstant och variera volym. Det som varierar är det som är möjligt att urskilja och i detta fall handlar det om att eleverna ska kunna urskilja olika volymer hos skilda material som alla väger 1 kg. Volym varierar medan vikt är konstant.



För att visa att detta inte bara gäller för 1 kg upprepades variationsmönstret med en annan vikt. Detta mönster kallas generalisering. Man belyser fortfarande samma kritiska aspekt men varierar istället vikten för att belysa att det inte enbart gäller för vikter på 1 kg.



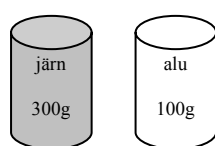
Eftersom förtesterna hade visat att endast hälften av eleverna hade svarat rätt på frågan *Vilket har störst volym av 1 liter bly och 1 liter luft?* konstruerade vi ett nytt mönster av variation så att eleverna med hjälp av detta skulle få syn på vår andra kritiska aspekt; att 1 liter alltid är en liter, men att den kan ha olika vikt



Figur 4: 1 liter av fyra olika ämnen.

Konstant: volym (1 liter) Varierar: vikt, ämne, aggregationsform, densitet

För att visa att det inte enbart gäller för 1 liter utan även andra volymer skapades nästa variationsmönster:



Figur 5: Lika volymer av järn och aluminium

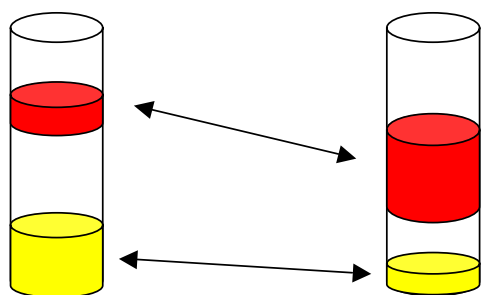
Konstant: volym

Varierar: vikt, ämne, aggregationsform, densitet.

Både lektion 1 och 2 avslutades med ett experiment, som kan ses som ett klassiskt densitetsexperiment i NO-undervisning. Olika vätskor med varierande densitet – sirap, vatten, glycerol och matolja – hålls i samma mätglas för att ämnena ska skikta sig i en ordning beroende på olika densitet. I instruktionen till denna laboration används samma mängd av de fyra vätskorna, men vi varierade mängderna för att eleverna skulle kunna separera densitet från en mängds volym och vikt. Fanns det möjligen uppfattningar hos eleverna att den största mängden hamnade längst ner i mätglaset, oavsett densitet? Detta experiment användes under samtliga lektioner, men skillnaderna på hur det gjordes är stora. Under lektion 1 och 2 var inte syftet uttalat vilket försvårade efterföljande jämförelser och diskussioner. Det blev främst ett görande för eleverna.

Att börja fokusera lärandeobjektet, lektion 3

Analysen av lektion 1 och 2 samt eftertesterna från dessa klasser, visade att densitet förblev ett okänt begrepp för de allra flesta av eleverna, men att de blev bättre på att göra distinktioner mellan volym och vikt. Vi hade alltså valt ett lärandeobjekt för vår studie, som efter två försök hade förblivit osynligt i lektionerna för eleverna. Under framför allt den första lektionen ansträngde vi oss för att skapa undervisning där eleverna själva skulle upptäcka densitetsbegreppet, utan att vi gav dem någon vägledning. Under den andra lektionen gav vi dem mer hjälp, men då i form av matematiska beräkningar. Inget av sätten gav de resultat vi önskade. Vi bestämde oss för att introducera densitetsbegreppet genom att ändra variationsmönstren så att densitet blev möjligt att urskilja. Under learning study-mötena hade vi diskuterat vad vi ville med det klassiska densitetsexperimentet som förekom under lektion 1 och 2. Samma experiment fick i lektion 3 (och 4) en tydligare roll där jämförelser gjordes mellan olika gruppers mätkolvar (se bild nedan) med de fyra vätskorna skiktade på samma sätt, oavsett vilken mängd de olika grupperna tagit. Fokus var nu på vätskornas densitet.



Figur 6: Variation mellan elevgruppernas olika försök.

Konstant: densitet, ämnen, aggregationsform, ordning som vätskorna skiktat sig i

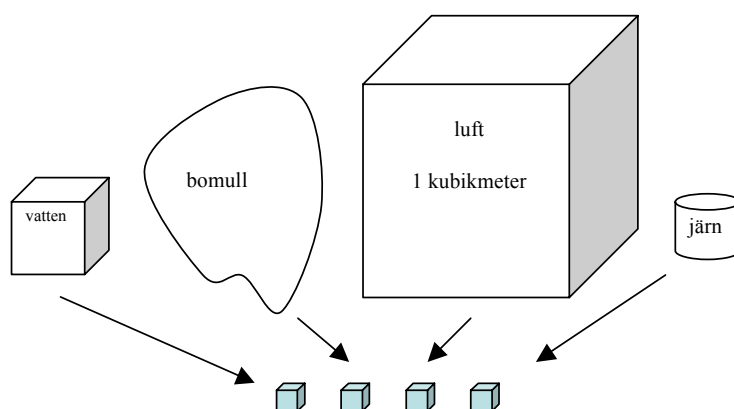
Varierar: mängd (volym/vikt)

Vi menar att detta variationsmönster kan hjälpa eleverna att se att mängden av ett ämne inte har någon betydelse för densiteten.

Att systematiskt variera lärandeobjektet, lektion 4

Att jämföra lika volym

Även om vi på eftertesterna kunde se att eleverna blev bättre på att urskilja densitet var vi ändå inte nöjda med resultaten, eftersom bara drygt hälften av eleverna (57 %) från lektion 3 kunde svara på att densiteten var högre i bly jämfört med aluminium, oavsett vilken mängd vi hade av dessa ämnen. Under lektion 4 definierades densitet som *jämförande av vikter med lika volym* redan i början av lektionen vilket inte gjordes i lektion 3 då det introducerades först i samband med det avslutande mätglasexperimentet. Genom att separera först vikt och sedan volym i samma undervisningssekvens blev densitet, som är relationen mellan dem, möjligt att urskilja. Detta medförde en utökning till två variationsmönster, som synliggjorde att det är skillnad på vikt och volym, men att relationen mellan dem är densitet. Med hjälp av den tidiga introduktionen av begreppet densitet och att man måste jämföra vikten av lika stora volymer gavs eleverna nu möjligheten att argumentera om densiteten hos olika material, vikter och volymer under hela lektionen.



Figur 7: Att skilja ut 1 kubikcentimeter av varje föremål, som väger 1 kg

Variationsmönster 1: (före separation av de små kuberna)

Konstant: vikt (1 kg)

Varierar: volym och densitet

Variationsmönster 2: (efter separation av de små kuberna)

Konstant: volym (1 cm³)

Varierar: vikt och densitet

Nya dimensioner av variation utifrån elevers inspel under lektioner

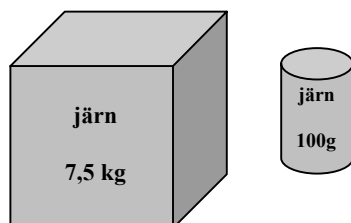
De svåraste aspekterna att hitta av lärandeobjektet är de som man vill att eleverna ska kunna bortse ifrån. Om till exempel en elev skulle ge uttryck för att färg spelar roll för densiteten vill man kanske gärna utmana den uppfattningen, men eftersom

färg kan anses som relativt långsökt i detta sammanhang är det inget vi har undersökt. Däremot finns det mer näraliggande aspekter, som man vill att eleverna ska kunna bortse ifrån, men som är svåra att upptäcka för att man själv redan för länge sedan lärde sig att bortse ifrån dem. Det är lätt att ta dessa för givna. I vår studie hittade vi en del av dessa aspekter genom att studera förtester och inspelade lektioner, men även genom att vara öppna för dem under pågående lektion. Under denna rubrik redogör vi för tre skilda aspekter som är kritiskt att kunna bortse ifrån, som vi fann i vår studie.

Att kunna bortse från mängd

Då vi analyserade inspelningarna från de första lektionerna upptäckte vi att några elever gav uttryck för uppfattningen att ett väldigt litet föremål, en blyertspets, väger så lite att den rimligtvis borde flyta. Det är svårt att avgöra vilken av aspekterna vikt och volym som fokuseras. Oavsett vilket så måste man bortse från båda aspekterna för att urskilja densitet, eftersom densitet är oberoende av mängd.

Under analysen av lektion 2 märkte vi att vi inte jämfört olika mängder av ett ämne med samma densitet. Till lektion 3 och 4 tillförde vi därför följande variationsmönster.



Figur 8. Att urskilja olika mängder med samma densitet.

Konstant: ämne, aggregationsform och densitet. Varierar: mängd (volym/vikt)

Vi ville med detta mönster visa att densiteten är densamma inom ett ämne oavsett volym och vikt, något eleverna inte haft möjligheten att urskilja under de två första lektionerna.

Att kunna bortse från ordning

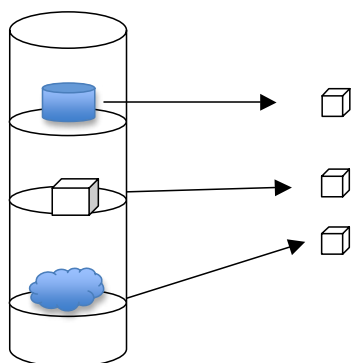
När experimentet med mätglasen skulle göras under lektion 4 diskuterade vi ännu en aspekt, som man behöver bortse ifrån. Ordningen som man håller vätskorna i spelar ingen roll för hur vätskorna sedan skiktat sig. Elevgrupperna fick inte enbart olika mängd att undersöka utan skulle även hålla vätskorna i olika ordning under experimentet. Efteråt jämfördes gruppernas mätglas, och frågan om vad som har någon betydelse, av mängd och ordning, för hur vätskorna skiktas diskuterades. När detta gjorts konstaterade en elev under helklassdiskussionen att:

Det enda som nog spelar någon roll är nog egentligen densiteten.

Detta menar vi är ett uttalande som tyder på att eleven kan bortse från såväl mängd som ordning.

Att kunna bortse ifrån aggregationsform mellan ämnen

Vi bestämde oss för att i den sista lektionen införa ett variationsmönster där densiteten mellan ämnen i olika aggregationsform skulle jämföras. Eleverna fick därför, efter att de genomfört skiktexperimentet, i uppdrag att hitta valfria fasta föremål i klassrummet som kunde hamna i skikten mellan de flytande ämnena.



Figur 9: Att hitta föremål med olika densitet.

•
•

Konstant: hur de skiktas

Varierar: ämnen, densitet, aggregationsform, mängd

Senare i lektionen, när syftet var att utmana elevernas syn på mängdens betydelse för densitet, gav en elev (Elev 2 nedan) uttryck för uppfattningen att ju mer massivt ett föremål är, desto högre densitet har det. Denna uppfattning finns tidigare beskriven i Barker och Miller (1999) och skulle innebära att fasta föremål alltid skulle sjunka i vätskor. Detta var ett oväntat inspel, men under lektionen försöker läraren utmana denna uppfattning på följande sätt:

Läraren: Vi har en liten bit aluminium, den väger inte mycket och så har vi ett stort akvarium med vatten som väger minst 20 gånger så mycket. Om jag nu lägger ner aluminiumet i akvariet borde det inte flyta då?

Flera elever: Nej.

Läraren: Men den väger ju så lite, vattnet väger ju så mycket.

Elev 1: Det är större densitet i det.

Läraren: Är det större densitet i aluminiumet, men vattnet är ju så mycket mer?

Elev 2: Aluminiumet har en fördel av att det är ihop, vattnet är ju mycket mer flytande.

Läraren: Ah, du säger att det är för att det ena är fast och det andra är flytande, men då så, då tar jag en liten sirapasklump, den är ju också flytande.

Elev 2: Ah men den är ju så liten ...

Läraren: Jag säger ju det, jag tar en pytteklump då borde väl den flyta? Jag har två flytande saker, pyttepytte ... håller jag och vattnet är ju jättetungt. Det är väl klart att sirapen borde flyta om jag bara tar jättelite.

Elev 3: Alltså, det är precis som i mätglaset. Vi höllde matolja innan vattnet men vattnet åkte ändå ner genom matoljan därför att den har högre densitet, så den åkte genom vattnet ...

Visserligen spelar aggregationsformen roll för densiteten inom ett ämne, eftersom till exempel is flyter i vatten, men då har de olika temperatur. Även tryck påverkar densiteten inom ett ämne, ju mer du pressar ihop en gas desto högre densitet får den, men vid konstant tryck och temperatur, som i vår studie, behöver man kunna bortse från

den aggregationsform som ett ämne har. Att inte tro att fasta föremål automatiskt har högre densitet för att de är fasta är ett exempel på detta. Vi menar att elev 2 ovan först ger uttryck för att aggregationsformen spelar roll; aluminium är fast medan vattnet är flytande och därmed kommer aluminiumbiten att sjunka genom vattnet. När hon blir utmanad i detta, genom att läraren byter till två föremål av samma aggregationsform (sirap och vatten), ger hon istället uttryck för att den flytande sirapsklumpen är så liten i relation till vattnet, och därmed borde flyta. Vi anser att detta är exempel på två skilda aspekter av densitetsförståelse som synliggörs här, mängdens och aggregationsformens betydelse, och båda aspekterna behöver kunna bortses ifrån.

Att kunna urskilja flera aspekter samtidigt

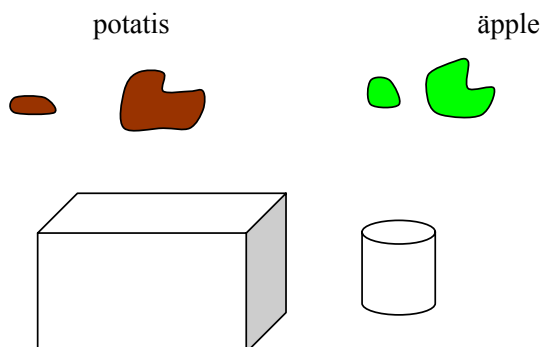
Lektion 4 avslutades med ett experiment, som inom variationsteorin kan betraktas som en *fusion*. Fusion innebär att de kritiska aspekterna varierar samtidigt och om aspekterna har separerats innan ger nu fusionen en möjlighet att relatera de kritiska aspekterna till varandra. Experimentet innebar att både stora och små bitar av äpple och potatis skulle stoppas i små och stora mängder av vatten och att resultatet skulle förklaras av eleverna. Mängden (volym/vikt) av potatis, äpple och vatten varierar medan densiteten är konstant inom varje ämne. Mellan ämnena varierar både densitet och aggregationsform. Samtliga våra kritiska aspekter varierar i detta experiment och för att kunna förklara det på ett naturvetenskapligt vedertaget sätt, måste man kunna:

- separera vikt och volym
- urskilja densitet som en relation mellan volym och vikt hos ett ämne
- jämföra vikter av samma volym
- urskilja relationen vikt, volym, och densitet *mellan* olika ämnen

För att kunna förstå densitetsbegreppet måste man samtidigt även kunna bortse från:

- mängd eller storlek, det vill säga att densiteten är samma i hela ämnet, oavsett mängd av ämnet
- aggregationsform hos ämnet, eftersom den inte har någon betydelse för densiteten (under konstant temperatur och tryck), det vill säga alla fasta ämnen har inte högre/lägre densitet än vätskor
- ordningen, till exempel ordningen som man håller vätskor i

I denna sista sekvens av lektion 4 finns samtliga aspekter närvarande och eftersom de är separerade tidigare under lektionen kan de förhoppningsvis urskiljas i denna fusion.



Figur 10: Fusion av densitet. Både potatis, äpple och vatten varierar samt mängd av ämnena.

Magnusson & Maunula

Ett utdrag ur dialogen i lektion 4:

Läraren: Om jag nu stoppar den lilla äppelbiten i vattnet, kommer den att flyta eller sjunka?

Elev 1: Flyta

Läraren: Om jag stoppar den stora äppelbiten i vattnet då?

Flera elever samtidigt: Sjunka ...

Läraren: Så stor sjunker, liten flyter?

Elev 1: Nej ...

Flera elever: Båda flyter.

Läraren: För att ...

Elev 2: Båda har samma densitet.

Elev 3: Men den stora åker ner lite grann först.

Läraren släpper ner äppelbitarna i det stora vattenkaret och båda flyter.

Läraren: Vi gör likadant med potatis (en stor och en liten bit), vad händer då?

Flera elever: Båda sjunker.

Läraren: Båda sjunker, varför då?

Elev 3: De har högre densitet än vattnet.

Elev 4: ... och äpplet!

Läraren släpper ner potatisbitarna i vattnet och båda sjunker.

Resultat

Testresultat

Lyckades eleverna lära sig något av det vi avsett, det vill säga vårt lärandeobjekt *att förstå och kunna använda sig av densitetsbegreppet*? Om vi jämför resultaten på testerna (se tabell 1 sid 98) kan man se att resultaten från lektion 4 överlag har förbättrats mest. Testerna var mer omfattande, men här väljer vi att fokusera på de frågor som vi menar allra bäst visar om densitetsbegreppet är urskilt av eleverna. Fråga 1 och 2 visar huruvida elever kan urskilja densitet mellan först lika volymer och sedan lika vikter. I samtliga klasser sker en förbättring i dessa aspekter. Faktiskt sker den minsta förbättringen i lektion 4 men å andra sidan är 91 procent nära taket för denna fråga. När det gäller fråga 3 kan den anses som extra svår, eftersom det korrekta svaret ska vara att *densiteten är lika stor hos 5 liter vatten som 10 liter vatten*, men det är här den allra största skillnaden mellan eftertesterna finns. Eleverna från lektion 1 och 2 får inget förbättrat resultat, medan nästan hälften av eleverna från lektion 4 på eftertesten förbättrar sitt resultat (från 28 % till 72 %) jämfört med förtesten. Även den sista frågan måste anses komplex när man jämför olika vikter, olika ämnen jämte olika densiteter med varandra, och även om det finns en förbättring i samtliga klasser när eleverna från lektion 4 det bästa resultatet i denna fråga.

Ett mer distinkt lärandeobjekt

Ett resultat från vår studie är en fördjupad kunskap om lärandeobjektet. Det ursprungliga lärandeobjektet i studien, att *förstå och kunna använda sig av densitetsbegreppet*,

Vilket har störst densitet?

				Lektion 1	Lektion 2	Lektion 3	Lektion 4
1.	1 liter bly	1 liter luft	Förtest	19 %	36 %	39 %	62 %
			Eftertest	80 %	69 %	81 %	91 %
2.	1 kg bly	1 kg aluminium	Förtest	6 %	32 %	26 %	71 %
			Eftertest	73 %	60 %	67 %	91 %
3.	5 liter vatten	10 liter vatten	Förtest	38 %	27 %	35 %	28 %
			Eftertest	40 %	27 %	62 %	72 %
4.	10 kg aluminium	5 kg bly	Förtest	19 %	23 %	22 %	55 %
			Eftertest	40 %	45 %	57 %	81 %

Tabell 1: Siffrorna anger andel korrekta svar. Det var möjligt att svara **lika stor densitet**.

belyser ett eftersträvat kunnande, en förmåga som man vill utveckla eller ett *indirekt lärandeobjekt* (Marton & Booth, 1997). De aspekter av fenomenet som eleverna behöver urskilja och samtidigt fokusera för att utveckla denna förmåga är inte lätt att utläsa ur detta indirekta lärandeobjekt. I studien har vi lärare istället formulerat ett *direkt lärandeobjekt* (Marton & Booth, 1997) som mer belyser det innehållsliga; *att kunna relatera vikt, volym och densitet inom ett ämne eller mellan ämnen oavsett mängd*.

De kritiska aspekterna, en sammanfattning

De aspekter som eleverna måste urskilja ur det direkta lärandeobjektet, för att i förlängningen utveckla sin förmåga *att förstå och kunna använda sig av densitetsbegreppet* är:

- 1. Att kunna separera vikt och volym i ett ämne
- 2. Att kunna se densitet som en relation mellan volym och vikt
- 3. Att kunna jämföra vikter av samma volym
- 4. Att kunna relatera densitet mellan ämnen
- 5. Att kunna se att densiteten är samma i hela ämnet, det vill säga att mängden av ett ämne inte påverkar densiteten
- 6. Att kunna se att aggregationsformen i sig inte påverkar densiteten mellan olika ämnen⁴
- 7. Att kunna se att ordningen inte påverkar skiktningen av vätskor av olika densitet⁵

Om man jämför våra hypoteser i början av studien med de aspekter som beskrivs i stycket ovan kan man konstatera att vi lärare har gjort nya distinktioner kring de kri-

4. Även om tryck eller temperatur, som i sig kan påverka aggregationsformen, påverkar densiteten för ett ämne, så har inte fasta ämnen automatiskt högre densitet än flytande ämnen.

5. Denna aspekt gäller ett specialfall, när man jämför vätskor eller gaser av olika densitet.

tiska aspekterna. Nr 5 i listan ovan är identifierad med hjälp av elevernas testresultat medan 6 och 7 är aspekter som hittats i analyserna av lektionerna, genom elevers frågor och kommentarer.

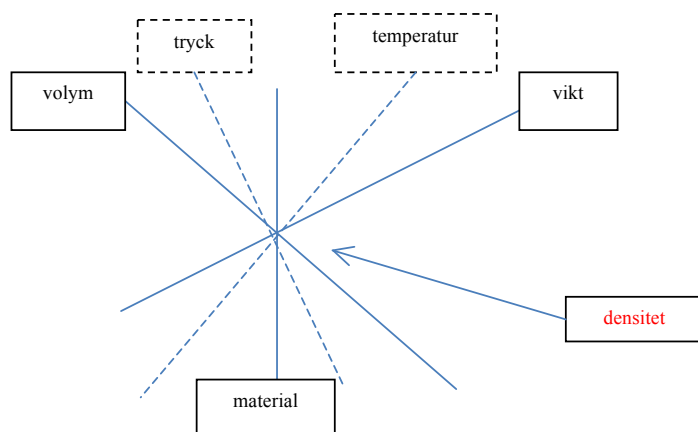
Vi vill nu diskutera och analysera resultaten från den här studien och relatera dem till tidigare forskning.

Diskussion

Resultaten relaterade till tidigare forskning

Resultaten från denna studie är dels en sammanfattning av vad som utgjorde kritiska aspekter för våra elevers densitetsförståelse, dels en fördjupad syn på undervisningsinnehållet hos oss lärare. Genom att systematiskt prova ut olika aspekter i undervisningen kom vi att se fler distinktioner av innehållet. De hypotetiska kritiska aspekter som vi identifierade i början av vår studie var material, volym, vikt, densitet, tryck och temperatur. I tidigare forskning finns beskrivet att elever fokuserar *en* av aspekterna vikt och volym och likställer den med densitet, vilket även vi kunde se i denna studie. Till exempel uppstod förvåning i en av elevgrupperna då en blyertsspets sjönk trots att den var så liten och lätt. I vår studie kan man, liksom i Barker och Millers (1999), se att densitet uppfattas som hur massivt ett föremål är, att elever uppfattar att aggregationsformen i sig spelar roll för densiteten. Även andra enskilda aspekter som ett föremåls yta, form samt volym och vikt av det man jämför med, likställs med densitet av elever i tidigare forskning (Lybeck, 1981). Vår studie visar att det inte räcker med att urskilja att vikt och volym inte är detsamma som densitet, utan man måste även kunna separera vikt och volym. Dessutom behöver man samtidigt kunna relatera dessa aspekter till varandra i begreppet densitet. I forskningsgenomgången har vi inte funnit studier som beskriver *mängd* som begrepp att använda i densitetsundervisning. Våra elever behövde såväl kunna urskilja mängd, eftersom den rymmer både volym och vikt, som att kunna bortse från mängd eftersom den inte har betydelse för ett ämnes densitet. Likväl fanns det uppfattningar hos eleverna som tydde på att mängden av ett föremål, både mycket eller lite, påverkade densiteten.

Om man jämför de hypotetiska kritiska aspekter som vi utgick ifrån i studien (se fig

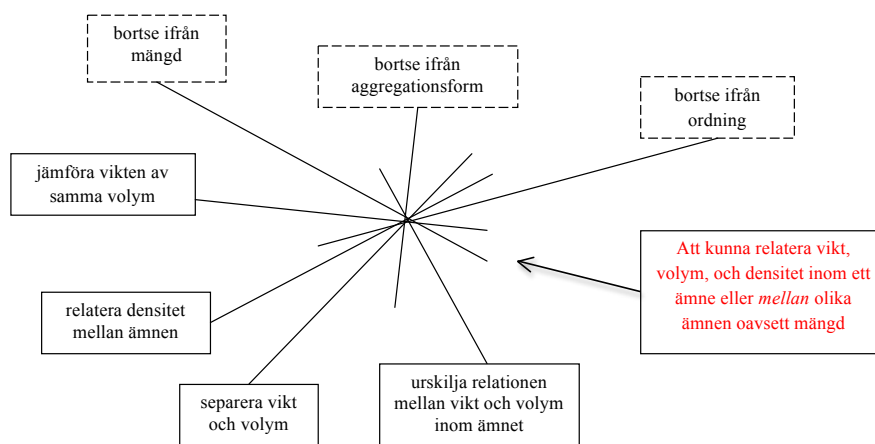


Figur 11: Våra hypotetiska kritiska aspekter före studien (temperatur & tryck hölls konstanta i studien).

11) var de grundade på aspekter som kan härledas ur ämnens fysikaliska egenskaper. Detta är aspekter av densitet men de säger inte så mycket om de uppfattningar som eleverna har om densitet. De speglar inte på egen hand vad som är kritiskt för elevernas förståelse.

Formuleringen av det direkta lärandeobjektet, *att kunna relatera vikt, volym och densitet inom ett ämne eller mellan ämnen oavsett mängd* är ett resultat av vår studie som svarar mot frågeställning 2 i denna artikel och som behandlar lärares utveckling genom studien. Från att i början av studien på ett ytligt och svävande sätt diskutera vad densitet är och vilka skäl det finns till densitetsskillnader mellan olika föremål förändrades lärarnas diskussioner under studiens gång och kom att kretsa kring allt mer distinkta densitetsaspekter. Dessutom förändrades fokus från aspekter som enbart kunde relateras till en naturvetenskap till aspekter som även kunde relateras till elevers uppfattningar kring densitetsförståelse.

Det direkta lärandeobjektet är konstituerat av de kritiska aspekter som vi upptäckte under studiens gång när elever gav uttryck för olika uppfattningar. Aspekterna kan illustreras enligt följande.



Figur 12: Kritiska aspekter av densitet. Bilden är inspirerad av Lo (2012).

Bilden ovan ska inte ses som en slutgiltig samling av vad som är kritiskt för vårt lärandeobjekt, utan mer som ett pågående arbete att fortsätta från. Vi menar att det viktigaste i vårt resultat är de aspekter som våra elever, liksom troligen även andra, behöver bortse ifrån, som till exempel att aggregationsformen i sig inte spelar någon roll för densiteten. Att elever till exempel uppfattar att densiteten förändras beroende på mängd är en aspekt som inte är enkel att härleda från ämneskunskaper om densitet, men den kan utforskas i en learning study.

Om dynamiska kritiska aspekter

Att kunna bortse från en aspekt kräver att man redan har urskilt något. Med variationsteoretisk terminologi kan en generalisering göras om man vill att elever ska lära sig att bortse från aspekter.

Generalization cannot help the learners discern what is critical, but it separates

Magnusson & Maunula

what is critical from what is not. For example, to be a triangle, the angle sum is critical, but the size of each angle is not; the number of sides is critical, but the length of each side is not. (Lo & Marton, 2012, s.11)

I citatet ovan beskriver författarna längden på triangels sidor som en icke-kritisk aspekt och antalet sidor som en kritisk. Vi skulle vilja diskutera denna terminologi i relation till hur vi benämner de kritiska aspekterna. Vi menar att skillnaden mellan en kritisk respektive icke-kritisk aspekt går mellan om du urskiljer den eller inte. Det kan även vara en aspekt som behöver bortses ifrån. De kritiska aspekterna är empiriskt funna i relation till elevgrupper. Om en elev kan bortse från längden av triangelns sida är det ingen kritisk aspekt för henne, men om en annan elev inte kan bortse från längden är detta kritiskt för hennes uppfattning. Likadant är det i vår studie, där vi menar att eleverna behöver kunna bortse från flera aspekter, som aggregationsform, ordning och mängd. Om en elev har urskilt att man behöver jämföra samma mängd av ämnen för att jämföra densitet är inte detta längre kritiskt för henne, men likväl finns sannolikheten att det är kritiskt för några av hennes klasskamrater. Vi ser de kritiska aspekterna som dynamiska och föränderliga.

Vad har de kritiska aspekterna för användningsområden? Vi menar att de kan vara ett redskap för lärare eftersom kunskapen om vad som kan vara kritiskt för att lära sig ett lärandeobjekt bidrar till att man som lärare sannolikt inte tar dessa aspekter för givna och detta i sig ökar möjligheterna för eleverna att lära sig i undervisning. Även om man verkligen ser till att varje kritisk aspekt av innehållet blir belyst under en lektion kan det ändå vara så att alla elever inte lärt sig, det finns annat som också spelar roll. Vi får aldrig en garanti för lärande men genom att försöka vara lyhörda för alternativa sätt att se lärandeobjekten ökar våra chanser att öppna nya dimensioner av lärandeobjektet under lektionerna.

Om svårigheter i en learning study

Vilka svårigheter finns med testerna? Man kan börja med att konstatera att ingen lektion har gett ett hundra procentigt resultat. Givetvis är målet att samtliga elever ska lära sig samtliga aspekter, men eftersom utgångspunkten för det första är att man väljer ett komplext lärandeobjekt och för det andra att lektionstiden är begränsad, är det kanske inte förvånande att man inte alltid når 100 procent. Vi har inte använt oss av kontrollgrupper även om vi förstår att testet i sig kan bidra till ett lärande utan vi letar efter *skillnader* mellan lektionerna, i testresultat och utförande. På så sätt utgör klasserna kontrollgrupper åt varandra. För att på djupet hitta samtliga elevers uppfattningar om densitet borde vi ha intervjuat dem, men eftersom learning study är en modell som ska kunna rymmas i en vanlig skolas vardag är det praktiska skäl som avgjort att vi inte har använt intervjuer. Det finns även ett annat dilemma med testerna i en learning study. Eftersom vi letar efter vad som kan vara kritiskt för elevers lärande av olika lärandeobjekt, och vi inte vet vilka alternativa uppfattningar som kan finnas innan vi startar studien, så är det inte rimligt att i början av en studie, när vi formulerar testfrågor, kan veta vad vi ska finna. Därför har vi dels skillnader mellan

klassernas testresultat, dels elevers inspel under lektionerna som källa till vad som kan vara kritiskt.

Undervisning är komplext och faktorerna som påverkar är många. En del av dem ligger utanför en lärares kontroll. Vi ser learning study som processer för att bättre förstå undervisning och för att bättre förstå hur våra elever ser på de innehåll som vi valt som lärandeobjekt. När vi analyserar eftertesterna och de inspelade lektionerna kan vi se vad som inte riktigt blev som vi hade tänkt oss och ofta även varför. Ibland kräver det flera lektioner där vi provar olika saker men ibland är det enklare att direkt veta vilka förändringar vi borde göra. Variationsteorin ger oss en teoretisk vägledning i vad vi bör hålla konstant och vad vi bör variera.

Om att använda elevers inspel i undervisning

Någon månad efter att denna studie hade avslutats genomfördes en fysiklektion av en av lärarna. Lärandeobjektet i lektionen var att förstå Arkimedes princip för att kunna förklara varför föremål med olika densitet sjunker olika mycket i vatten. Läraren lastade en ihållig plastkub, som låg och flöt i ett akvarium med vatten, med olika vikter. Kubens volym var en liter och allteftersom vikten ökade stegrades argumentationen kring hur mycket den skulle väga då den sjönk. Då kubens totala vikt var 1 kg kunde man se att dess kanter befann sig precis i jämnhöjd med vattennivån, på gränsen till att sjunka.

[...]

L: Vad händer om jag lägger i ytterligare 100 g?

Flera elever: Den sjunker.

L: Varför då?

Elev: Då väger den litern mer än 1 liter vatten.

Vad eleverna nu började urskilja var just Arkimedes princip. Lyftkraften på ett föremål motsvarar den mängd vätska den pressar undan. Nöjd med att många av eleverna diskuterat och problematiserat Arkimedes princip började läraren avsluta lektionen när en elev avbröt med frågan:

Skulle kubens kunna lyfta mer om det var sirap i akvariet?

Denna fråga öppnade en ny dimension av innehållet, som läraren inte hade tänkt på och som vidgade möjligheten till förståelse på ett djupare plan. Det som läraren hade valt att hålla konstant fram till nu var kubikdecimetern och vattnet i akvariet medan vikten på kubens och därmed hur djupt den sjönk varierat. Fokus låg på densiteten hos föremålet som sänktes ner i vattnet. Det som eleven nu synliggjorde var att densiteten på vätskan, som man sänker ner kubens i, också kan variera och detta var en aspekt som helt hade tagits för givet. Eleverna hade i ett tidigare experiment sett att sirap har högre densitet än vatten. Denna fråga öppnade en ny möjlighet att urskilja en aspekt av Arkimedes princip, nämligen att det inte bara är volymen och vikten på det som sänks ner i en vätska utan även vikten och volymen på den mängd vätska som trängs undan som spelar roll.

Elev 5: Så om en kubikdecimeter sirap väger 2 kg så hade man kunnat lasta 2 kg i kubens innan

Magnusson & Maunula

den sjönk?

Elev 4: Om det varit flytande järn i akvariet hade kuben kunnat lyfta jättemycket då?

Elev 6: Kanske så mycket som en liter järn väger ...

Elev 7: Kan en båt i saltvatten lastas tyngre än en båt i en sjö?

Åter kopplade eleverna tillbaka till något som undersökts tidigare, nämligen att saltvatten har högre densitet än sötvatten. En elev som tidigare inte hade yttrat sig ställde nu följande fråga:

Elev: Är det mycket av en båt som ligger under vattnet och som man inte ser?

Vissa frågor öppnar upp lektionen och driver den framåt. Men om man inte som lärare förstår när elever öppnar upp nya dimensioner av innehållet med sina frågor och kommentarer, då är det lätt att dessa frågor förblir obesvarade, och ibland inte ens ställda. Under denna lektion var både sirapsfrågan och båtfrågan exempel på drivande elevfrågor. Man ser aldrig hur stor volym av båten som ligger under vattenytan. Vikten på det vatten som båten tränger undan motsvarar båtens vikt. Att det rör sig om mycket stora volymer började nu eleverna kunna urskilja. Lektionen böljade nu mellan båtar i flytande sirap, trästockar som flyter, flytande människor i Döda havet med mera. Allt varierades och prövades och vi tror att Arkimedes hade uppskattat att vara närvarande.

Referenser

- Baker, W. P. & Woodward, S. (2001). How are Volume and Mass related? *Science Activities*. 38(1), s. 34–6.
- Barker, V. & Millar, R. (1999). Students' reasoning about chemical reactions: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education* 2(6), s. 645–665.
- Carlgren, I. & Marton, F. (2000). *Lärare av i morgon*. Stockholm: Kristianstads Boktryckeri AB.
- Dawkins, K. R., Dickerson, D. L., McKinney, S. E. & Butler, S. (2008). Teaching Density to Middle School Students: Pre service Science Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Practices. *Clearing House*. 82(1), s. 21–26.
- Forbes, T.P. (2004). *Alternative conceptions held by community college chemistry students about physical properties and processes: Density, solubility and phase changes*. Hämtad från. <http://repository.lib.ncsu.edu/ir/bitstream/1840.16/1963/1/etd.pdf>.
- Gabel, D. & Bunce, D. (1994). Research on Problem Solving. In D. Gabel (red.) *Handbook of research on science teaching and learning: A project of the National Science Teachers Association*, s. 301–326. NY. Macmillan Publishing Co.
- Hawkes, S. J. (2004). The concept of density. *Journal of Chemical Education* 81(1), s. 14–15.
- Hitt, A. M. (2005). Attacking a Dense Problem: A Learner centered Approach to

- Teaching Density. *Science Activities* 42(1), s. 25–29.
- Herrington, D. & Scott, P. (2011). Get in the Game with Team Density. *The Science Teacher* 78(4), s. 58–61.
- Hewson, M. G. & Hewson, P. W. (1983). Effects of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching* 20(8), s. 731–743.
- Hewson, M. G. (1986). The Acquisition of Scientific Knowledge: Analysis and Representation of Student Conceptions Concerning Density. *Science Education* 70(2), s. 159–170.
- Häggström, J. (2008). *Teaching systems of linear equations in Sweden and China: What is made possible to learn?* Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Krnel, D., Watson, R. & Glazar, S. A. (1998). Survey of research related to the development of "matter". *International Journal of Science Education* 20(3), s. 257–389.
- Kohn, A. (1993). Preschoolers' reasoning about density: Will it float? *Child Development*, 64 (6), s. 1637–50.
- Kullberg, A. (2010). *What is taught and what is learned. Professional insights gained and shared by teachers of mathematics.* Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Lo, M.L., Pong, W. Y. & Chik, P. (2005). *For Each and Everyone. Catering for Individual Differences through Learning Studies.* Hong Kong: Hong Kong University Press.
- Lo, M. L. & Marton, F. (2012). Towards a science of the art of teaching: Using variation theory as a guiding principle of pedagogical design. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, Vol. 1(1). s. 7–22.
- Lo, M.L. (2012). *Variation Theory and the Improvement of Teaching and Learning.* Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Lybeck, L. (1981). *Arkimedes i klassen: En ämnespedagogisk berättelse.* Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Maclin, D., Grosslight, L. & Davis, D. (1997). Teaching for Understanding: A Study of Students' Pre instruction Theories of Matter and a Comparison of the Effectiveness of Two Approaches to Teaching About Matter and Density. *Cognition and Instruction* 15(3), s. 317–393.
- Marton, F. (1981). Phenomenography – Describing conceptions of the world around us. *Instructional Science* 10, s. 177–200.
- Marton, F. & Booth, S. (1997). *Learning and awareness.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Marton, F. & Pang, M.F. (2006). On Some Necessary Conditions of Learning. *The Journal of the Learning Sciences* 15 (2), s. 193–220. Lawrence Erlbaum Associates.
- Morris, A. K. & Hiebert, J. (2011). Creating Shared Instructional Products: An alternative Approach to Improving Teaching. *Educational Researcher* (40) 5, s. 5–14.
- Nordlab. (n.d.). *Materiens byggnad.* Hämtad 22 feb, 2006 från <http://naserv.did.gu.senior/dlab/se/trialse/pdf/ke2.pdf>.
- Runesson, U. & Gustafsson, G. (2012). Sharing and developing knowledge products from Learning Study. *International Journal for Lesson and Learning Studies* Vol. 1

Magnusson & Maunula

(3). s. 245–260.

Skolverket. (2011). *Lesson study och learning study samt IKT i matematikundervisningen*. Rapport 367. Stockholm: Fritzes.

Wernberg, A. (2009). *Lärandets objekt*. Umeå: Umeå universitet.

Xu, L. & Clarke, D. (2012). Student Difficulties in Learning Density: A Distributed Cognition Perspective. *Research in Science Education* 42(4), s. 769–789.