

# Innehåller silver kol? - en studie om elevers begreppsanvändning när de arbetar med kolets kretslopp

D Bengtsson, M Weiland & P Anderhag

## Sammanfattning

*Denna artikel presenterar resultat från en studie om elevers begreppsanvändning när de arbetar med kolets kretslopp i årskurs 7-9. Utifrån en lärargrups tidigare erfarenheter, om de svårigheter elever har kring kolets kretslopp, utformades en lektion i syfte att stödja elevernas lärande och begreppsanvändning inom detta område. Lektionen innehöll två aktiviteter som var utformade så att eleverna skulle samtala tillsammans och förhoppningsvis ta stöd i relevant terminologi. Resultatet visade att uppgifterna stimulerade eleverna till att samtala om processer och fenomen relaterade till kolets kretslopp och i dessa samtal använde de ämnesspecifika begrepp. Koldioxid och fotosyntes användes dock inte för att precisera saker i samtalen och aktiviteterna tycks inte ha hjälpt dem med att koppla samman dessa fenomen med till exempel begreppen förmultning eller biogas. Resultatet visade att elevernas tidigare erfarenheter och sammanhanget har betydelse för elevernas möjlighet att utveckla kunskaper om kolets kretslopp. Artikeln diskuterar hur resultatet kan förstås och användas i undervisning om kolets kretslopp.*

**Nyckelord:** NO, kolets kretslopp, begreppsanvändning, undervisning



Daniel Bengtsson är grundskollärare Ma/NV och Teknik åk 4-9 samt förstelärare på Engelbrektsskolan i Stockholm. Han är dessutom NT-handledare inom ramen för Skolverkets NT-satsning.



Maria Weiland är grundskollärare Ma/NV och Teknik åk 1-7 på Herrängens skola i Stockholm, forskarstuderande i naturvetenskapsämnenas didaktik, Uppsala universitet, samt koordinatör vid STLS.



Per Anderhag är lektor på Utbildningsförvaltningen, Stockholms stad samt nätverksledare för NT-nätverket vid Stockholm Teaching & Learning Studies, STLS.

Bengtsson, Weiland & Anderhag

## Abstract

*In this article we present findings from a study on students' use of content specific concepts when working with the carbon cycle, in grade 7-9. Based upon a group of teachers' previous experiences, of the difficulties that students often express about the carbon cycle, a lesson was designed with the purpose of supporting students' learning and use of relevant concepts. Audio recordings from the lesson were transcribed and analysed using Practical Epistemological Analysis. Our findings showed that even if the students often used content specific concepts, such as carbon dioxide, they were rarely a tool for clarifying or specifying aspects of the carbon cycle. The results showed that the group activities supported the students to discuss the processes and phenomenon related to the carbon cycle and in their conversations they used subject-specific concepts. Although the student groups showed engagement with the tasks and often used relevant terminology, it is unclear whether and how the activities supported an understanding of the carbon cycle. Key concepts such as carbon dioxide and photosynthesis were rarely used to specify aspects of the carbon cycle, neither did the processes? become continuous with other concepts such as, for example, decay or natural gas when the students worked with the tasks. Our finding support previous studies that have demonstrated the importance of context and prior experiences of the students for what kind of learning is enabled. The article gives some suggestions on how the findings can be understood and used in relation to teaching about the carbon cycle.*

**Keywords:** science, carbon cycle, concepts, teaching

## Introduktion

Studien som denna artikel bygger på har sin bakgrund i de diskussioner författarna och deltagande lärare har haft kring att organisera klassrumsaktiviteter som stöttar eleverna i att utveckla en djupare förståelse av kolets kretslopp. Vi har personliga erfarenheter av att vår undervisning, om hur materia och energi cirkulerar respektive omvandlas i ett ekosystem, inte nödvändigtvis leder till att eleverna förstår centrala aspekter och viktiga konsekvenser av kolets kretslopp. Samtidigt som eleverna ofta kan resonera kring hur kolet cirkulerar i biosfären används sällan denna kunskap när de förväntas diskutera saker som till exempel resursanvändning eller ursprung till ekosystemets biomassa. Utöver de svårigheter som rör hur fakta och modeller kring kolets kretslopp kan förstås och användas tillkommer dessutom en rad specifika ämnesbegrepp som eleverna förväntas förhålla sig till och använda. En viktig fråga inom ramen för utvecklandet av en förståelse av ekologiska samband är därför hur undervisningen kan stötta eleverna i att använda ämnesspecifika begrepp för att precisera och klargöra utsagor och påståenden. Studien är genomförd inom ramen för STLS<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Stockholm Teaching and Learning Studies (STLS) är en plattform för undervisningsutvecklande ämnesdidaktisk forskning i samarbete mellan skolhuvudmän i Stockholms län och Stockholms universitet. STLS syfte är att initiera, stödja och bedriva undervisningsutvecklande ämnesdidaktisk forskning. Forskningen koordineras och bedrivs i ämnesdidaktiska nätverk. Detta projekt har genomförts inom ramen för det ämnesdidaktiska nätverket för naturvetenskap och teknik. För mer information se <http://pedagog.stockholm.se/stockholm-teaching-and-learning-studies/>

Förståelse av kolets kretslopp kan antas vara centralt för att individen ska kunna ta ställning till viktiga ekologiska och samhällsekonomiska frågor. Social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet förutsätter en allmänhet som förstår och kan ta ställning till konsekvenser av olika typer av energi- och resursanvändningar. Begreppsförståelse och förståelse av ekologiska sammanhang är också något som betonas i grundskolans styrdokument (Lgr 11). I syftestexten i biologi kan man läsa att "Undervisningen ska även bidra till att eleverna utvecklar förtrogenhet med biologins begrepp, modeller och teorier samt förståelse av hur dessa utvecklas i samspel med erfarenheter från undersökningar av naturen och människan" (Skolverket, 2011, s. 111). Vidare står det att centralt innehåll i biologi åk 7-9 är bland annat: "Människans påverkan på naturen lokalt och globalt. Möjligheter att som konsument och samhällsmedborgare bidra till en hållbar utveckling. Ekosystems energiflöde och kretslopp av materia. Fotosyntes, förbränning och andra ekosystemtjänster" (Skolverket, 2011, s. 114). Under centralt innehåll för kemiämnet för åk 7-9 kan man läsa följande: "Kolatomens egenskaper och funktion som byggsten i alla levande organismer. Kolatomens kretslopp." samt "Fotosyntes och förbränning samt energiomvandlingar i dessa reaktioner." (Skolverket, 2011, s. 147). Även i fysikämnets centrala innehåll finns skrivelser som implicit rör förståelse av kolets kretslopp och explicit energianvändning och dess konsekvenser.

### ***Tidigare studier om elevers förståelse av kolets kretslopp***

Elevers förståelse av kolatomens kretslopp och relaterade fenomen är relativt väl undersökt. Till exempel har Haslam och Treagust (1987) visat att elever ofta inte vet att växter även respirerar och inte bara fotosyntetiserar. En annan uppfattning är att koldioxid respektive vatten innehåller energi som levande organismer kan använda (Hartley, Wilke, Schramm, D'Avanzo & Anderson, 2011), det vill säga att man sammanblandar materia och energi. Vissa studier har också visat på att elever kan ha svårigheter med att skilja på olika biologiska perspektiv, till exempel kan elever likställa andning och cellandning med varandra eller att koldioxid innehåller för lite massa för att kunna utgöra källan till växters biomassa (Benson m.fl., 1993; Hartley m.fl., 2011). I relation till detta tänker man sig att massan snarare kommer från marken via sönderdelande förmultningsprocesser (Hartley m.fl., 2011). Förmultning beskrivs dessutom ofta som en kausal process där mikroorganismerna, och deras respiration, sällan har en central betydelse i elevernas beskrivningar (Helldén, 1999; Smith & Anderson, 1986). Tidigare forskning har således relativt samstämmigt visat på flera återkommande missuppfattningar hos eleverna gällande kolets cirkulation, fotosyntesen och respirationen (se t.ex. Näs & Ottander, 2008, för en översikt).

Elevers uppfattningar om materia, som i hög grad relaterar till förståelse av kretslopp, har också varit föremål för ett flertal studier (Talanquer, 2009). Dessa studier föreslår att relationen makro och mikro verkar vara betydelsefullt för elevers förståelse av begreppet materia (Stolpe & Dergerman, 2008) Tsaparilis och Sevia (2013) menar till exempel att en orsak till att elever har svårt med rörelsen mellan makro och mikronivå i deras sätt att förstå och förklara naturvetenskapliga fenomen kan vara associerad med deras förståelse av materia. Detta stöds också av Vikströms (2015) in-

terventionsstudie i vilken kritiska aspekter för elevernas möjlighet att förstå begreppet materia undersökts. Vikström (2015) visar att undervisning bör möjliggöra för eleverna att urskilja atomer som grunden i materia och att se samband mellan makro och molekylär nivå. Vidare visade Vikström (2015) att det är viktigt att eleverna får möjlighet att urskilja var atomerna *inte* finns, att det finns tomrum mellan partiklar samt, slutligen, att eleverna får möjlighet att urskilja att det går att prata om fenomen på kvalitativt olika sätt. Detta kan ske genom att låta eleverna prata om fenomenet med ett vardagligt språk och ett mer naturvetenskapligt orienterat språk med dess specifika begreppsapparat.

I tidigare forskning beskrivs ofta elevernas förförståelse som vardaglig och därmed kvalitativt annorlunda jämfört den förståelse som kännetecknar naturvetenskapliga modeller och teorier (Duit & Treagust, 2003). Elevers utsagor om fenomen, som till exempel förmultning, förstås som vardagliga missuppfattningar och dessa anses vara problematiska då de hindrar eleverna att utveckla en naturvetenskaplig förståelse av fenomen i omvärlden. Høst och Schönborn (2011) menar till exempel att elever ofta har med sig intuitiva uppfattningar om hur världen fungerar när de kommer till klassrummet. Denna förståelse stämmer inte alltid med naturvetenskapens modeller, men är ofta väl förankrad hos eleven. Det kan göra det svårt för dem att ändra sitt sätt att prata om de begrepp och fenomen som avhandlas. Undervisningen är därför, som till exempel Vikström (2015) visat och lyfter, viktig i det att den kan klargöra dessa uppfattningar för att sedan kunna stötta eleverna mot att utveckla en mer naturvetenskaplig förståelse.

Samtidigt som tidigare forskning alltså har visat på återkommande svårigheter kring elevers lärande kring till cirkulationen av kol i biosfären, är kunskapen om vad som kännetecknar undervisning som stöttar eleverna i att förstå begrepp och fenomen begränsad. Studien syftar därför till att utgöra ett ämnesdidaktiskt bidrag till förståelse för hur undervisning kan organiseras för att stötta elevers begreppsutveckling i naturvetenskapliga ämnen.

### ***Teoretisk bakgrund***

Denna studies teoretiska antaganden grundas i den pragmatiska teoribildning som utvecklats i Stockholm och Uppsala (se t.ex. Wickman & Östman, 2002) och ett grundantagande inom detta perspektiv är att ett ords betydelse står att finna i dess användning och konsekvenser i en situation, snarare än att det representerar något essentiellt och allmängiltigt (se t.ex. Dewey, 2000; Wickman, 2006). I relation till denna studie och elevers begreppsanvändning är vi därmed framförallt intresserade av hur eleverna skapar kontinuitet mellan begrepp som till exempel "förmultning" och det de möter i aktiviteten. Antaganden om hur elever lär sig naturvetenskap, i princip att elevernas vardagliga förståelse successivt kan bytas ut mot en naturvetenskapligt orienterad förståelse, har på senare år kritiserats av flera författare (Hubber m.fl., 2010). Bland annat ifrågasätts själva grundantagandet om hur individens begreppsförståelse konstitueras och förändras (Hubber m.fl., 2010; Roth, 2008). Andra författare menar att syften och sociala sammanhang, vilket intervju- och enkätbaserade studier

tenderar att förbise, är betydelsefullt för hur och vad eleverna kan uttrycka (Wickman, 2006). Hamza och Wickman (2008) har i sin studie visat att det som litteraturen benämner som missuppfattningar gällande elevers förståelse om elektricitet, snarare kan vara viktiga inslag för hur eleverna tar sig vidare och hur de lär sig i naturvetenskapsklassrummet. Tillfälligheter i elevernas möte med naturvetenskapliga artefakter och fenomen, snarare än kända missuppfattningar, kan således ha betydelse för elevernas möjlighet att lära sig det som aktiviteten syftar till (Hamza & Wickman, 2008).

Studier har visat att elever tenderar att använda sina vardagliga erfarenheter och sitt vardagsspråk snarare än specifika ämnesbegrepp för att förklara och att tala om det de erfar i klassrummet. För att eleverna ska använda specifika begrepp och ord måste de uppmärksammas på vilken funktion de har i detta sammanhang och hur det hjälper dem vidare mot det aktiviteten syftar (se t.ex. Säljö, 1995; Vikström, 2015; Wickman, 2006). Begreppsförståelse kan således beskrivas som knutet till sociala sammanhang eller situationer och att elever kan mer om de förstår vilka erfarenheter som är väsentliga i detta specifika sammanhang (Schoultz, 1999). Utifrån en pragmatisk teoribildning har Johansson (2012) undersökt språkets betydelse för undervisningsinnehållet. Johansson (2012) har bland annat studerat hur elevers möte med naturvetenskapliga begrepp ser ut och vilka naturvetenskapliga begrepp som elever erbjuds att möta. Eleverna behöver möta det ämnesspecifika språket i olika sammanhang och få kännedom om hur de egna orden, som de själva använder i sina förklaringar, kan relateras till naturvetenskapliga begrepp. Språket är en del av aktiviteter med många olika syften och tidigare språkanvändningar och erfarenheter behöver omorganiseras för att bättre passa nya aktiviteter och syften (Johansson, 2012).

### ***Kontinuitet och organiserande syften***

Med ett pragmatiskt perspektiv på meningsskapande ses lärande som en process som sker i ett socialt sammanhang. Dewey talar om erfarenhet och att erfarenhet utvecklas genom interaktion, vilket ”betyder att utbildning i grund och botten är en social process. Denna kvalitet förverkligas i samma mån som individerna bildar en gemenskap.” (Dewey, 2004, s. 196). Dewey talar också om betydelsen av att skapa kontinuitet i erfarenheterna. Deweys *kontinuitetsprincip* kan beskrivas som att vi tar med oss något från tidigare erfarenheter som sedan bidrar till att forma erfarenheten i den pågående situationen, och att denna sedan i sin tur förändrar de erfarenheter som vi får senare (Wickman, 2006). Utifrån Deweys tankar kan lärande beskrivas som något som tar form i möten, där ord och handling får mening (Johansson, 2012). Det gör att vi, i den här studien, kan tala om kunskap som något eleverna gör när de handlar, i den kontext de befinner sig i, just då. Vidare kan, med stöd i Dewey, handling och erfarenhet beskrivas som något man gör men också något man erfar och ser konsekvenserna av (Lidar, 2010). Det pragmatiska perspektivet ger oss på så sätt möjligheten att studera lärande som något som sker tillsammans med andra, och att tidigare erfarenheter rekonstrueras och transformeras i den nya situationen. Ett samspel mellan elevernas tidigare erfarenhet, sammanhanget för stunden och vad som

Bengtsson, Weiland & Anderhag

är syftet framåt. Wittgensteins idéer om språkspel (1992) ger oss också möjligheten att beskriva och precisera hur språket används i en specifik situation. Med begreppet språkspel beskriver Wittgenstein hur ord och satser får betydelse genom deras användning (Wittgenstein, 1992). Ordets mening framträder i språkanvändandet, tillsammans med och i den specifika situation som ordet för tillfället ingår i. Ordet kan alltså ha olika betydelse i olika situationer. På så sätt blir begreppet språkspel användbart för oss då vi beskriver hur språket används på olika sätt i olika praktiker och för olika syften.

Johansson och Wickman (2011) har använt termen organiserande syften för att visa på hur undervisningens olika syften, elever och lärare kan ha tämligen olika uppfattningar om vad som pågår i en aktivitet, kan kopplas samman och på så sätt stötta elevernas lärande. En större medvetenhet kring de olika syften lärare och elever har med sina aktiviteter, kan inverka på det som eleverna erbjuds lära sig. Johansson och Wickman skriver att språkanvändning och erfarenheter i klassrummet behöver göras kontinuerliga i relation till de olika syften aktiviteterna under lektionerna har (Johansson & Wickman, 2011). Organiserande syften delas in i *närliggande syften* och *övergripande syften*.

*Närliggande syften* kan identifieras genom att studera de aktiviteter som pågår under lektionen. Det kan beskrivas som vad elever och lärare gör och talar om. *Övergripande syften* kan beskrivas som vad eleverna ska lära sig, exempelvis lärarens eller lärarhandledningens beskrivning av undervisningen. Närliggande syften har ett samband med det som Dewey kallar för *ends in view* (Johansson & Wickman, 2011). Närliggande syften är tänkta att fungera som *mål i sikte*, vilket betyder att eleverna ser målet med aktiviteten. Detta visar sig genom att eleverna kan delta med sina erfarenheter och sitt språk, det vill säga de kan ta sig vidare i aktiviteten. Om närliggande syften inte fungerar som mål i sikte, kan eleverna inte ta sig vidare i aktiviteten på ett meningsfullt sätt. När närliggande syften således görs kontinuerliga med det övergripande syftet finns det möjlighet för lärandeprecision (Johansson & Wickman, 2011).

### ***Syfte och frågeställningar***

Denna artikel syftar till att utveckla ämnesdidaktisk kunskap kring undervisning och elevers begreppsanvändning i naturvetenskap. Inom ramen för denna studie utformades en undervisningssekvens om kolets kretslopp där / (studien utgick ifrån/ utgjordes av en undervisningssekvens om kolets kretslopp där) eleverna i två gruppaktiviteter uppmuntrades att samtala och använda ord och begrepp relevanta för området. I studien undersöktes sedan nedanstående frågeställningar i relation till undervisningssekvensen:

1. Hur använder eleverna naturvetenskapliga begrepp i en gruppaktivitet kring kolets kretslopp där begreppen inte är explicit angivna i uppgiften?
2. Hur använder eleverna naturvetenskapliga begrepp i en gruppaktivitet kring kolets kretslopp där begreppen är explicit angivna i uppgiften?
3. Hur stöttar dessa gruppaktiviteter eleverna i att samtala om kolets kretslopp

så att de når lektionens övergripande syfte; *att utveckla elevernas förståelse av kolets kretslopp och tillhörande begreppsapparat?*

## Metod

### **Genomförande**

Studien genomfördes i två klasser på en grundskola i en stor stad. Eleverna, som bestod av en jämn fördelning av flickor och pojkar, gick i årskurs 7-9 och var 12-14 år när studien genomfördes. Artikelns försteförfattare träffade NO-lärarna på skolan regelbundet för att gemensamt diskutera områden som man ville utveckla i undervisningen. Tillsammans valde man att fokusera på det tredje långsiktiga målet i de naturvetenskapliga ämnens syftestexter, som handlar om att använda naturvetenskapliga begrepp. Ambitionen var att undersöka hur förmågan att använda begrepp, modeller och teorier för att förklara samband kunde främjas och synliggöras. Man ville också vidare undersöka hur undervisningen skulle kunna organiseras för att stödja elevernas begreppsanvändning. Innehållet kom att behandla kolatomens egenskaper och funktion samt kolets kretslopp.

Lärarna och studiens försteförfattare planerade för att eleverna skulle ges möjlighet att vara aktiva i mindre grupper under lektionen. Lektionen skulle också innehålla visuella moment som bilder och kort att samtala kring. Intentionen var att eleverna genom samarbetsaktiviteter (gruppaktivitet 1 och 2, se nedan) skulle samtala och använda sig av naturvetenskapliga begrepp och att dessa aktiviteter skulle utveckla förståelsen av kolets kretslopp.

### **Lektionsupplägg**

Det övergripande syfte med lektionen var således *att utveckla elevernas förståelse av kolets kretslopp och tillhörande begreppsapparat*. För att lektionen skulle utföras på ett liknande sätt i alla klasser hade lärarna en digital presentation att utgå ifrån. Lektionen hade följande upplägg:

- *Inledning*: Läraren inledde lektionen med att tillsammans med eleverna diskutera en bild som visade kolets kretslopp. I samtalet användes begrepp som kol, koldioxid, fossila bränslen, fotosyntes, cellandning, förmultning och nedbrytare.
- *Gruppaktivitet 1, "Vilka innehåller kol?"*: Efter inledningen hade eleverna till uppgift att samtala i mindre grupper kring vilka olika ting de trodde innehöll kol, vilket således var gruppuppgiftens närliggande syfte, nämligen *att bestämma i vilket av ämnena det finns kol i*. Eleverna fick frågan: *Vilka av följande finns det kol i? Frukt, silver, luften, marken, plast, papper, vatten, coca-cola, diamanter, jeans, Iphone och idrottskor?* I enlighet med det som beskrivits ovan var intentionen att denna aktivitet skulle stötta elevernas rörelse mot lektionens övergripande syfte och att de i denna process skulle ha möjlighet att använda ord och begrepp relevanta för kolets kretslopp. Aktiviteten gav lä-

Bengtsson, Weiland & Anderhag

rarna en möjlighet att lyssna på vilka olika begrepp eleverna använde i samtalen. Här var begreppen inte givna, vilka de kom att vara i Gruppaktivitet 2

- *Helklassdiskussion*: Gruppernas diskussioner lyftes sedan i helklass.
- *Gruppaktivitet 2, "Korten"*: Efter helklassamatalet fick eleverna till uppgift att para ihop meningar med begrepp skrivna på papperskort. Tanken med dessa var att eleverna skulle använda, och kanske diskutera, de givna begreppen då de samtalande om fenomen relevanta för kolets kretslopp. Till exempel kunde korten innehålla texter som, *Vid cellandning bildas*, som skulle läggas samman med texten *koldioxid och vatten* eller *Människan får i sig kol*, som skulle läggas samman med *genom att äta växter och djur*. Närliggande syfte i gruppuppgift 2 var att *bestämma vilka begrepp som hör ihop med vilka påståenden*. Även denna aktivitet var utformad för att möjliggöra för eleverna att samtala kring kolets kretslopp i förhoppningen att stötta deras förståelse, det vill säga rikta samtal och handlingar mot lektionens övergripande syfte.

### **Datainsamling**

Materialet till denna artikel kommer från två inspelade elevsamtal från Gruppaktivitet 1 och 2. De inspelade samtalen har spelats in under två lektionspass, där eleverna i skolår 7 och skolår 8 arbetade i grupper om tre elever. Urvalet av elever gjordes genom att slumpmässigt välja ut två grupper från olika skolår. Lektionen hade som ovan nämnts, utformats tillsammans av de undervisande lärarna, och behandlade kolatomens egenskaper och funktion samt kolets kretslopp. Fortsättningsvis är det elevernas samtal under gruppaktiviteterna som kommer att beskrivas. De inspelade samtalen transkriberades ordagrant.

Information och samtycke har beaktats i överensstämmelse med de forskningsetiska riktlinjerna om god forskningssed (Vetenskapsrådet, 2002). Eftersom eleverna är under 15 år har vårdnadshavare till de elever som deltagit informerats och skriftligt lämnat sitt samtycke.

### **Analysmetod**

För att analysera elevernas samtal och den mening som skapades i dessa samtal har vi använt praktisk epistemologisk analys (PEA). PEA har sin utgångspunkt i pragmatiska och sociokulturella perspektiv, där Deweys och Wittgensteins senare arbeten ligger till grund (Wickman, 2006). Analysmetoden utvecklades ursprungligen av Wickman och Östman (2002) och är numera en vedertagen metod för att analysera lärandeprocesser (Kelly m.fl., 2012).

PEA används här för att studera hur eleverna gör för att ta sig vidare i en aktivitet och vad detta betyder för vilka meningar som skapas (Wickman och Östman, 2002). På så vis gör analysverktyget det möjligt för oss att studera undervisningens praktiska epistemologi för att förstå vad som får elevernas aktiviteter att fortsätta i en viss riktning (Wickman & Jakobson, 2005). För att analysera praktiska episte-



mologier har Wickman och Östman (2002) introducerat fyra analysbegrepp; *möten*, *stå fast*, *relationer* och *mellanrum*. Termen *syfte* är också central och grundläggande. Utgångspunkten är att identifiera syftet med den aktivitet som analyseras. Det är i det som kallas möte som den meningsskapande processen tar sig uttryck (Wickman & Östman, 2002). Här använder vi begreppet möte för att beskriva det som vi kan se att eleverna möter i undervisningen genom det eleverna säger eller gör. Då något står fast i mötet, ifrågasätts inte ord eller handlingar. Eleverna använder orden och yttrandena utan att fråga eller tveka. Vidare använder vi analysbegreppen för att tala om lärande som skapande av relationer, likheter och skillnader till det som står fast. När mellanrum uppmärksammas, i form av frågor eller vid tvekan, finns det möjlighet att etablera nya relationer till det som står fast. När eleverna skapar relationer talar vi om detta som att de fyller mellanrum.

I nedanstående korta exempel, visar vi hur vi har använt de analytiska begreppen för att undersöka vilket meningsskapande som sker i undervisningssituationen. Eleverna i exemplet hade fått till uppgift att föra samman olika påståenden som var angivna på kort. Att sammanföra olika påståenden relaterade till kolets kretslopp var uppgiftens närliggande syfte och som exemplet nedan visar visste eleverna vad de skulle göra och kunde handla utifrån uppgiften. Det närliggande syftet fungerande i detta fall som mål i sikte för eleverna. Lärarnas mer övergripande mål med uppgiften var att eleverna skulle utveckla förståelse av kolets kretslopp, detta benämns som aktivitetens övergripande syfte. Kursiverad text visar när eleverna läser från dessa kort.

1. Fredrik: Vad är cellandning?
2. Fredrik: Ehh?
3. Adam: Gäsp!
4. Kalle: Det här står för *kol* va [eleven pekar på C i formeln  $C_6H_{12}O_6$ ]? Nej, det är det inte.
5. Fredrik: *Kol, väte, syre. Kol, syre, väte*. O är väl syre? Koldioxid kanske?
6. Kalle: Tror du? Så *människan får i sig kol*? Aha! *Genom att äta djur*?
7. Fredrik: Mmm
8. Kalle: Ska vi ta den?
9. Fredrik: *Genom att äta djur och växter*. Ahh!
10. Kalle: Det är sant ju!

I rad 1 uppmärksammades ett mellanrum; vad är – cellandning? Detta mellanrum fylls inte utan istället läser eleverna från andra kort och uppmärksammar i och med detta ytterligare mellanrum. I rad 5 läser de på ett kort där formeln för druvsocker står angiven och i samband med detta föreslås möjliga relationer: C är – kol (rad 4), O är – syre och  $C_6H_{12}O_6$  är – koldioxid (rad 5) det är dock oklart om relationer etableras. I rad 6, däremot, uppmärksammades ytterligare ett mellanrum som också fylldes i aktiviteten: hur får människan i sig kol – genom att äta djur (rad 6) och växter (9). Eleverna enas om detta och aktiviteten fortgår genom att de diskuterar nya påståenden.

## Resultat

Det övergripande syftet med undervisningssekvensen var att stötta elevernas förståelse för kolets kretslopp och att de i denna process skulle få tillfälle att använda en relevant begreppsapparat. Eleverna jobbade i grupper och endast ett fåtal bad läraren om hjälp under aktiviteten. De närliggande syftena, *bestämma i vilket av ämnena det finns kol i* (Gruppaktivitet 1) respektive *bestämma vilka begrepp som hör ihop med vilka påståenden* (Gruppaktivitet 2) var mål i sikte för eleverna.

Det fanns inga betydande skillnader i hur eleverna pratade när de arbetade med de två gruppaktiviteterna. I gruppaktivitet 2 behövde eleverna förhålla sig till de av läraren introducerade begreppen och fenomenen kopplade till kolets kretslopp, som till exempel naturgas och fotosyntes, och använde därför dessa när relationer etablerades. Även om ord och begrepp står fast i samtalen visade det sig att båda aktiviteterna, i vissa avseenden och på olika sätt, inte självklart möjliggjorde för eleverna att göra närliggande syften kontinuerliga med det övergripande syftet. Båda aktiviteternas utformning skapade förutsättningar för att a) eleverna kontinuerligt omprövade betydelsen av begrepp vilket i sig inte är problematiskt men att det kunde resultera i b) osäkerhet och att c) felaktiga relationer etablerades. I vad som följer nedan presenteras inledningsvis resultat som visar på a-b och i slutet av avsnittet behandlas forskningsfråga 3, det vill säga huruvida aktiviteterna *stöttar eleverna i att utveckla förståelse för kolets kretslopp och tillhörande begreppsapparat*.

### ***Hur eleverna använde naturvetenskapliga begrepp i de olika gruppaktiviteterna***

Gruppaktivitet 2 styrde eleverna till att uppmärksamma mellanrum och genom att föra samman ett begrepp eller fenomen med ett påstående, fylldes dessa mellanrum. I denna aktivitet behövde eleverna successivt omvärdera tidigare relationer och ofta kunde detta förklaras av elevernas behov av att prioritera. Till exempel bildas naturgas av döda djur och växter samtidigt som det är ett fossilt bränsle, utifrån hur uppgiften var upplagd var dock eleverna tvungna att välja endast ett alternativ. I exempel 1 sitter Kalle, Fredrik och Adam, åk 7, runt ett bord och ska para ihop ord och meningar som finns på korten framför dem. Deras uppgift var alltså att prata om begreppen och försöka bestämma vilka som hör ihop. Här pratar de inledningsvis om biogas och som exemplet visar hade de svårigheter i att enas om vilket alternativ det skulle kopplas till. Kursiverad text visar när de läser från korten de har framför sig.

#### **Exempel 1: Vad är naturgas?**

11. Kalle: Kolla här. Titta här: *tillverkas av matavfall och bajs*. Är inte det..?
12. Fredrik: *Biogas!*
13. Adam: *Biogas*. Nej, Vänta. *Fossila bränslen*
14. [...]
15. Adam: *Biogas* det är *djur och växter* [som dog för länge sedan]
16. Kalle: Det kan också vara skräp, matavfall och sådant.
17. Adam: Nej, det är alltså vad är *naturgas*.
18. Fredrik: *Koldiox* [...] Det här då: *koldioxid* och

19. Adam: Ska vi ta *naturgas* till – tillverkas av *matavfall och bajs*?
20. Adam: Alltså *naturgas* är ju djur och växter. Gamla.
21. Kalle: Aha. Då är det *biogas*. Vi har haft [...] Jag är ganska säker på det.
22. Adam: Ehhh...
23. Adam: Om du är säker så kan vi ta den.
24. Adam: Nej, inte den. *Biogas*.

I rad 11 uppmärksammade eleverna ett mellanrum, nämligen; vad *tillverkas av matavfall och bajs*? I samtalet som följde föreslogs en rad relationer, *matavfall och bajs* – *biogas* (rad 12); *biogas* – djur och växter (rad 15); *naturgas* – *matavfall och bajs* (rad 17); *naturgas* – gamla djur och växter (rad 20); gamla djur och växter – *biogas* (rad 20) för att slutligen enas om det är *biogas* som hör ihop med *matavfall och bajs* (rad 21-24). Efter rad 24 började eleverna prata om cellandning och koldioxid men senare under aktiviteten återvände de till *naturgas* och då i relation till förmultning.

25. Kalle: *Djur och växter som dog för länge sedan*.
26. Adam: Va?
27. Adam och Fredrik: Där!
28. Kalle: *Förmultnas till koldioxid [...] Nej!*
29. Adam: Jo! Eller vänta! Var står det?
30. Adam: *Förmultnas, till naturgas*.
31. Fredrik: *Koldioxid som*
32. Kalle: Det här är ju rätt. Ha, det är ju rätt!
33. Fredrik: Ha!
34. Kalle: Ja.

I samtalet föreslogs ett antal relationer, *naturgas* kan vara ett resultat av förmultning (rad 28) men förmultningsprocessen kan även resultera i koldioxid (rad 31). Eleverna enades slutligen om att koldioxid och förmultning hör samman (rad 32-34). Senare i samtalet återkom de ytterligare en gång till *naturgas* och då i relation till fossila bränslen.

35. Fredrik: *Naturgas* är ett *fossilt bränsle* [Eleven läser från två kort]
36. Fredrik: Är det det? Är *naturgas* ett *fossilt bränsle*?
37. Adam: Ja
38. Fredrik: Ja, då är det den här.
39. Adam: Men det finns säkert flera.
40. Fredrik: Ja, säkert.
41. Kalle: *Döda växter och djur...*

Eleverna, som tidigare hade pratat om *naturgas* som resultatet av döda djur och växter, ifrågasatte möjligheten att *naturgas* är ett fossilt bränsle (rad 35-36). De hade problem med att välja mellan fossilt bränsle och alternativet döda växter och djur.

Bengtsson, Weiland & Anderhag

Samtalet fortsatte sedan om annat. I slutet av aktiviteten återkom de en sista gång till naturgas och då föreslås det vara ett fossilt bränsle.

### Exempel 2: Finns kol i silver?

I Gruppaktivitet 1 hade eleverna i uppdrag att diskutera vilka ämnen de trodde innehöll kol. I följande exempel sitter i en grupp elever och samtalar kring en lista med föremål. I likhet med vad som framkom i Gruppaktivitet 2 uppmärksammades mellanrum när eleverna började prata om de olika ämnena. I följande exempel hade eleverna precis börjat prata om silver.

42. Sara: Ok. Tror ni att det finns i silver? [...] Nej, jag tror inte. Hur skulle det komma dit?
43. Erika: Jag tror inte att det finns i silver.
44. Sara: Erika! Tror du att kol finns i silver?
45. Axel: Nähh!
46. Sara: Hallå! Tror du att kol finns i silver? Varför?
47. Axel: Ingen aning. Jag tror inte det.
48. Sara: Varför?
49. Axel: Jag vet inte. Man får tro vad man vill.
50. Sara: [Skratt] Men varför?
51. Axel: Ingen aning.
52. Sara: Du bara gissade?
53. Axel: Jag tror silver. Det är väl? Silver. Det är så här. Silver. Silver är ett ämne.
54. Sara: Är det inte...
55. Sara: Jag vet inte. Det var ju det jag tänkte, om det är metall så kanske...
56. Sara: Är det ickemetall eller metall?

Ingen elev ifrågasatte vad som menas med silver och silver kan därmed sägas stå fast i samtalet, det vill säga i situationen var det ingen som ifrågasatte vad silver är. Dock blev det tydligt under samtalet att de var osäkra på huruvida silver innehåller kol, vilket givetvis har betydelse för vad silver är. De var därmed inte säkra på distinktionen grundämne och huruvida silver är ett sådant ämne. I rad 53 föreslogs emellertid en relation, silver – ämne som en förklaring till varför det inte borde innehålla kol. Senare i rad 55 preciserades detta ytterligare och en ny relation föreslogs, silver – metall och slutligen uppmärksammades ytterligare ett mellanrum, nämligen är silver en ickemetall eller en metall? Efter detta lämnar eleverna silver och börjar prata om plast. Under aktiviteten återkommer eleverna inte mer till silver och i detta specifika fall fylls således inte mellanrummet silver – innehåller kol/ innehåller inte kol.

### ***Hur gruppaktiviteterna stöttar eleverna för att nå lektionens övergripande syfte***

Båda gruppaktiviteterna syftade till att stödja elevernas förståelse för kolets kretslopp, detta var alltså lektionssekvensens övergripande syfte. Tanken var att den inledande genomgången, som kortfattat presenterade kolets kretslopp i relation till en figur, samt aktiviteterna skulle hjälpa eleverna i detta. Som exempel 1 och 2 visat

möjliggjorde gruppaktiviteterna för eleverna att samtala om kolets kretslopp. Det går dock inte att se i resultatet hur dessa samtal, där begrepp används och förhandlas, leder eleverna mot en förståelse för kolets kretslopp, snarare ger de en inblick i vilka stöttning eleverna skulle behöva. Förståelse för fotosyntesen och kanske speciellt cellandningen visade sig vara centralt för elevernas möjlighet att prata om hur kolet cirkulerar, vilket exempel 3 visar.

### Exempel 3: Kolets cirkulation i biosfären

I exemplet nedan diskuterar eleverna i Gruppaktivitet 1 huruvida kol finns i frukt. Exemplet visar att de inledningsvis inte är säkra på kol och frukt och samtalet kom snabbt att handla om hur kolet kommer in i frukten. I och med detta verkade kretsloppsidén stå fast i samtalet (rad 60), det vill säga att kol cirkulerar mellan olika områden.

57. Erika: Jag tror att frukt innehåller (kol). För att kol...
58. Axel: ... För att kol finns? Pratar vi om kol eller pratar vi om [...] Kol finns ju i nästan allt!
59. Erika: Alltså hur tror du att, det har samband med frukt?
60. Erika: Kol försvinner ju inte. Alltså det finns ju alltid där. Så att det liksom bara läggs till.
61. Axel: Alltså jag tror...
62. Erika: ... Jag tror att det. Kommer ju in i äpplet. Jag vet inte.
63. Axel: Alltså kol finns ju i luften och om ett träd är. Ett äpple är ju på ett träd. Alltså det är ju i luften.

Även om det inte sägs explicit är eleverna överens om att kol finns i frukt och frågan är hur det kommer in i frukten. De var osäkra på hur kolet, som "finns ju nästan överallt" (rad 58) och inte försvinner (rad 60), kommer in i äpplet (raderna 52 och 63)? I rad 63 föreslog en elev att kol finns i luften. Att kol finns i luften står fast i samtalet och en möjlig väg in i äpplet för kolet kan vara via luften. Även om jorden (marken) kunde vara en möjlig källa till äpplets kolinnehåll (rad 64) enades eleverna om att det är via luften och när frukten odlades (raderna 65-67) som kolet kommer in i frukten. Samtalet fortsatte sedan med att eleverna började prata om andra ämnen och lämnar därmed frågan om frukt och kol. Senare i samtalet återkom eleverna emellertid till frukt och kol.

64. Axel: Det (kolet) kommer ju från jorden.
65. Axel: Ja, exakt. [...] Eller så kommer det med luften.
66. Sara: Med luften.
67. Axel: När det odlades [...] exakt.

I samtalet står det fast att kol finns i luften och marken (rad 68) och eleverna började återigen diskutera ursprunget till fruktens kolinnehåll:

68. Sara: Frukt. [...] Vi trodde det eftersom att kol finns i luften och marken. Därför tror vi att

Bengtsson, Weiland & Anderhag

de kunde ha kommit in i frukten medan [...] via marken

69. Axel: ... eller luften.

70. Sara: ... eller luften [...] Va? Eller marken. Luften. Marken eller luften medan den odlades.

71. Sara: Så! Ok, varför trodde vi? [...] Aha! Marken. Ja, för att om det finns i luften kommer det ju ändå till marken.

72. Erika: Men det har ju med...

73. Sara: ... Det kommer ju till luften. Till exempel från den där dinosaurien. När dinosaurien dör. Då blir [...] den till jord. Då åker kolen.

Eleverna är överens om att kol cirkulerar mellan mark och luft, att döda djur omvandlas och att i och med detta frigörs kolet som finns i djuret. I samband med detta använder eleverna ordet förmultnas för att precisera att djuret blir till jord. I samtalet gjordes en distinktion, djuret försvinner inte utan den förmultnas (raderna 75-78):

74. Sara: För exempel en dinosaurie [...] Men lägg av! Vem var det? De kastar sudd.

75. Axel: För exempel en dinosaurie dör så förmultnas. Alltså den förmultnas [...] Alltså den blir till jord.

76. Erika: Den försvinner.

77. Sara: Förmultnas

78. Sara: Nej, förmultnas.

79. Erika: Nej, nu minns jag. Vad är det de här små?

80. Sara: Den blir [...]

81. Erika: Alltså den blir...

82. Erika: ...[Gäsp]

83. Sara: Då åker kolet som fanns i den in i marken.

84. Sara: Så!

Samtalet avslutades i och med att eleverna enades om att kolet som fanns i djuret åker in i marken. Under hela samtalet nämner ingen elev fotosyntes eller cellandning.

I båda aktiviteterna användes begreppet förmultnas för att precisera att kolatomerna inte försvinner utan att de cirkulerar. Att kolet inte försvinner utan cirkulerar mellan olika organismer och områden i ekosystemet står fast i samtalen, vilket kan anses vara centralt för förståelsen för kolets kretslopp. Eleverna uppmärksammade en rad mellanrum i relation till detta, de mest uppenbara handlade om vad det innebär att kolet inte försvinner. Det vill säga, vad händer med kolet och vilka processer ansvarar för dess cirkulation? Relationen kol cirkulerar - förmultning etablerades i detta sammanhang, andra möjliga kan vara kol cirkulerar - fotosyntes och kol cirkulerar - cellandning. Begreppet koldioxid är centralt i relation till dessa båda processer och eleverna använde ibland ordet koldioxid och ibland pratade de om att kol finns i luft. De använde dock sällan ordet koldioxid för att urskilja i samtalet att det är i denna form som kolet finns i luften. Att koldioxiden är en restprodukt av cellandningen, som till exempel i förmultningsprocesser (exempel 1 rad 28-30, exempel 3 rad 73-75), tycks vara en viktig komponent för elevernas möjlighet att röra sig mot aktivitetens

övergripande syfte. Det vill säga, även om koldioxid står fast i samtalen betyder det inte att detta begrepp är en resurs för eleverna att förklara hur kolet lämnar djuret och tas upp av växten.

## Diskussion

I denna studie utformades två olika uppgifter i syfte att hjälpa eleverna att använda relevanta begrepp när de pratade om fenomen kopplade till kolets kretslopp. Resultatet visade att uppgifterna stimulerade eleverna till att samtala om processer och fenomen relaterade till kolets kretslopp och i dessa samtal använde de ämnesspecifika begrepp. Eleverna arbetade engagerat med uppgifterna och de förstod vad de skulle göra. Resultatet visade också att uppgifterna synliggjorde för eleverna relevanta fenomen som de var oense om eller hade olika förståelse kring. I och med detta etablerades nya relationer. Även om materialet är begränsat och knappast tillåter generaliseringar, tycks detta antyda att aktiviteterna utgjorde ett stöd för elevernas möjlighet att utveckla en förståelse om de fenomen de förväntades diskutera. Samtidigt visar resultatet att de förväntningar som fanns på hur aktiviteterna skulle stötta elevernas begreppsanvändning och utveckling av förståelse för kolets kretslopp inte riktigt infriades, vilket diskuteras nedan.

Även om eleverna använde ämnesspecifika begrepp och slutförde uppgifterna är det oklart huruvida och på vilket sätt aktiviteterna stöttade deras förståelse för kolets kretslopp. Koldioxid och fotosyntes, vilka är de centrala processerna i kolets kretslopp, användes inte för att precisera saker i samtalen och aktiviteterna tycks inte ha hjälpt dem med att göra dessa processer kontinuerliga med till exempel begreppen förmultning eller biogas. Samtidigt som de närliggande syftena fungerande som mål i sikte behövde eleverna alltså inte ta stöd i en specifik terminologi för att ta sig vidare i aktiviteten utan kunde lösa uppgifterna med ett vardaglig orienterat språkbruk. Att eleverna tar stöd i vardagliga erfarenheter när de formulerar sig kring naturvetenskapliga fenomen uppmärksammas ofta inom det NV-didaktiska forskningsfältet (Hubber m.fl., 2010). Vi kan bara spekulera kring varför eleverna inte använder begreppen på det sätt som förväntades, men vårt resultat tycks föreslå att det, utifrån hur aktiviteterna var utformade, helt enkelt inte fanns någon anledning för dem att prata på något annat sätt.

Vidare visade resultatet att ord och begrepp som initialt står fast, som till exempel silver och biogas, kan ifrågasättas i mötet med andra, nya påståenden. Ett exempel är hur eleverna uppvisar osäkerhet kring vad silver är. Denna osäkerhet uppkommer när de uppmanas diskutera huruvida silver innehåller kol eller ej. På en direkt fråga om silver är en metall eller inte skulle eleverna med största sannolikhet svara jakande, men i denna situation blir de osäkra och möjligheten att silver kan innehålla kol kvarstår under hela samtalet.

Ett annat exempel är konsekvenserna av att de måste göra prioriteringar när de sammanför påståenden i uppgiften. När eleverna gör dessa prioriteringar tvingas de i några fall välja mellan två korrekta begreppsbaseade påståenden men eftersom de måste välja en tenderar de att förstå den de väljer bort som felaktig. Helt uppenbart

Bengtsson, Weiland & Anderhag

påverkas elevernas sätt att tala och använda begrepp av det sammanhang de befinner sig i, vilket också flera studier har visat (se t.ex. Wickman, 2006). Här kan vi se att läraren har en nyckelfunktion, dels i hur aktiviteter utformas men också i hur oplanerade tillfälligheter kan användas för att rikta elevernas handlingar mot vad som anses vara väsentligt (Lidar, Lundqvist & Östman, 2006; Hamza & Wickman, 2008).

### ***Cirkulation och biomassa- sammanhangets betydelse***

Resultatet visade även på fenomen som brukar benämnas som vanliga missuppfattningar, det mest tydliga i denna studie är uppfattningen om att växters kolinnehåll framförallt kommer från marken via rötterna (Hartley m.fl., 2011). Olika förklaringar har givits till varför denna uppfattning är vanlig bland eleverna och varför den är svår att påverka genom undervisning (Hubber m.fl., 2010). Denna studie bidrar genom att visa att även om koldioxid står fast i elevsamtal, eleverna kan till exempel beskriva koldioxids kemiska formel och de vet att växter tar upp och att djur avger koldioxid, hjälper denna förståelse nödvändigtvis inte eleverna att resonera kring ursprunget till växters massa. En intressant fortsättning på denna studie vore därför att undersöka hur undervisningen kan stötta eleverna i detta. Hubber, Tytler & Haslam (2010) visar hur undervisning i NO kan utgå från för eleverna kända representationsformer, i deras fall lera, för att stödja eleverna i att successivt erövra ämnets konventionella representationsformer och begrepp. Ett snarlikt upplägg skulle kanske vara möjligt för att organisera en aktivitet där eleverna får stöd i att göra erfarenheter kring koldioxid kontinuerliga med ekosystemets biomassa.

Då resultatet visade att eleverna kunde samtala om förmultning som del i en cirkulationsprocess där ingenting försvinner, kanske även dessa erfarenheter kan vara givande att bygga vidare på. Tidigare studier har visat att elever ofta beskriver förmultning som en kausal, successiv process (Helldén, 1999) där materialet blir till mineraler eller jord (Helldén, 1999; Smith & Anderson, 1986). I Smith och Andersons (1986) studie var mikroorganismer sällan del i elevernas förklaringar till materians omvandling. Vidare, Leach, Driver, Scott och Wood-Robinson (1996) visade i sin studie på en åldersrelaterad progression i hur precist språket användes, till exempel genom att använda ämnesspecifika ord, när elever ombads beskriva en videosekvens som visade ett äpple som förmultnade. De yngre barnen tenderade också i större utsträckning beskriva vad de såg, ”gott”, ”äckligt”, medan de äldre erbjöd förklaringar till vad som hände. Till skillnad mot vad Smith och Anderson (1986) kunde visa i sin studie, refererade eleverna i studien, både yngre och äldre, ibland till mikroorganismer och insekter som åt av äpplet (Leach et. al, 1996). Respiration och cirkulation var dock inte med som förklaringsmodell vid sådana tillfällen. Sammantaget med denna studies resultat tycks detta föreslå att man som lärare kan uppmuntra eleverna att fundera på vad som händer när material sönderdelas i en förmultningsprocess och på så sätt rikta deras uppmärksamhet på de nedbrytande organismernas respiration. Det vill säga att arrangera situationer så att kontinuitet kan skapas mellan förmultning – sönderdelning – respiration – cirkulation. Återigen är det viktigt att betona sammanhangets betydelse för vad eleverna säger och gör. Det är rimligt att anta att



yngre barn behöver stöd i att rikta sin uppmärksamhet mot de saker som är av naturvetenskaplig relevans (Anderhag et al., 2016). Om man tar videosekvensen med äpplet som exempel är det till exempel troligt att äldre barn förstår att det finns ett specifikt skolsyfte med att beskriva äpplets förändring, det vill säga att det inte räcker att de säger att det ser gott eller äckligt ut utan att de förväntas förhålla sig till en specifik förståelse med en specifik terminologi.

### ***Undervisning och lärande – ämnesdidaktikens betydelse***

I studien användes analysmetoden PEA för att studera hur eleverna gör för att ta sig vidare i en aktivitet och vad detta betyder för vilka meningar som skapas. Därmed synliggjordes elevers förståelse för, och lärande av, ämnesspecifika begrepp. Som beskrivits i början av artikeln förstås lärande inom detta perspektiv som de diskursiva förändringar som uppstår när tidigare erfarenheter transformeras i mötet med nya begrepp, ord och handlingar. Dessa förändringar sker alltid i ett sammanhang och i relation till specifika syften.

En individs förståelse för ett begrepp handlar därmed om hur denna person använder det i situationen och som exemplet med silver visar, är sammanhanget av stor betydelse för vilket lärande som kan komma till stånd. En viktig funktion i undervisningen är därmed att arrangera situationer där elevernas erfarenheter kan göras kontinuerliga med ämnespraktikens mer precisa begreppsapparat. I exemplet med silver skulle eleverna förmodligen vara behjälpta av att bli uppmärksammade på vad som är kännetecknande för ett grundämne, det vill säga att någon uppmärksammade dem på vad i deras tidigare erfarenheter som är väsentligt och som de kan behöva utreda, i detta sammanhang. Även om PEA primärt användes för att analysera transkriberade elevsamtal, har analysverktyget också varit ett stöd för oss, det vill säga vi i rollen som verksamma lärare, att sätta ord på, och kunna diskutera, lärandesituationens betydelse för det innehåll som skapas. Vi anser därför att metoden, eller åtminstone förhållningssättet, kan vara användbart i lärares förståelse för och samtal om undervisningssituationer. Till exempel kan de analytiska redskapen vara ett stöd i att synliggöra var eleverna befinner sig och hur de tar sig vidare mot aktivitetens närliggande och övergripande mål.

### ***Slutord***

Slutligen, detta är en ämnesdidaktisk studie och avsikten har inte varit att framföra några slutgiltiga svar på hur undervisning bör bedrivas utan snarare har avsikten varit att bidra med mer förståelse kring hur undervisning kan organiseras för att stötta elevers lärande kring kolets kretslopp. Resultatet visade att elever behöver få öva på att se samband och använda begreppen i nya situationer. Vi ser i studien att konkreta övningar möjliggör diskussioner och därmed ökar chansen till att stötta elevernas förståelse för naturvetenskapliga fenomen. En välplanerad lektion med visuella-, auditiva- och taktila moment, där eleverna pratar med varandra och lär av varandra räcker dock inte.

Bengtsson, Weiland & Anderhag

Kanske är det så att lärande tar tid och att eleverna inte lär sig det vi förväntar oss under en lektion, inte ens om de är engagerade och arbetar målinriktat (se t.ex. Anderhag m.fl., 2014). Det man initialt tror ska kunna genomföras under en lektion kan behöva ta flera veckor i anspråk med formativa inslag för att se var eleverna befinner sig. Resultatet kan vara en utgångspunkt för lärare att resonera och reflektera kring och på så sätt utgöra ett stöd för de didaktiska beslut som ideligen görs i klassrummet.

## Referenser

- Anderhag, P., Danielsson Thorell, H., Andersson, C., & Holst, A. (2014). Syften och tillfälligheter i högstadie- och gymnasielaborationen: En studie om hur elever handlar i relation till aktivitetens mål. *Nordina*, vol. 10, nr. 1, ss. 63-76.
- Anderhag, P., Wickman, P.-O., Bergqvist, K., Jakobson, B., Hamza, K., & Säljö, R. (2016). Why do secondary school students lose their interest in science? Or does it never emerge? A possible and overlooked explanation. *Science education*, vol. 100, nr. 5, ss.791-813
- Benson, D. L., Wittrock, M. C., & Baur, M. E. (1993). Students' preconceptions of the nature of gases. *Journal of research in science teaching*, vol. 30, nr. 6, ss. 587-597.
- Dewey, J. (2000). *Experience and nature*. New York: Dover Publ. Inc.
- Dewey, J. (2004). *Individ, skola och samhälle: utbildningsfilosofiska texter*. (4., [utök.] utg.) Stockholm: Natur och kultur.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (1998). Learning in Science: From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond. I: B. Fraser & K. Tobin (Red.), *International Handbook of Science Education* (s. 3-16). Dordrecht: Kluwer.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, vol. 25, nr. 6, ss. 671 - 688.
- Hamza, K. M., & Wickman, P.-O. (2008). Describing and analyzing learning in action: An empirical study of the importance of misconceptions in learning science. *Science Education*, vol. 92, nr. 1, ss. 141-164.
- Hartley, L. M., Wilke, B. J., Schramm, J. W., D'Avanzo, C., & Anderson, C. W. (2011). College students' understanding of the carbon cycle: contrasting principle-based and informal reasoning. *BioScience*, vol. 61, nr. 1, ss. 65-75.
- Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, vol. 21, nr. 3, ss. 203-211.
- Helldén, G. (1999). A longitudinal study of pupils' understanding of conditions for life, growth and decomposition. Ingår i M. Bandiera, S. Caravita, E. Torracca, & M. Vicentini (red.), *Research in Science Education in Europe*, ss. 23-29. Netherlands: Springer.
- Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: Pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, vol. 40, nr. 1, ss. 5-28.
- Höst, G. och Schönborn, K. (2011). *Begreppsförvirring i NV kräver speciella grepp*.

- Forskning i skolan*. Tillgänglig online: <http://www.skolverket.se/skolutveckling/forskning/amnen-omraden/no-amnen/undervisning/begreppsforvirring-1.161587>. [Hämtat den 16 oktober, 2015]
- Johansson, A. (2012). *Undersökande arbetssätt i NO-undervisningen i grundskolans tidigare årskurser*. (Diss.) Stockholm: Stockholms universitet.
- Johansson, A.-M., & Wickman, P.-O. (2011). A pragmatist approach to learning progressions. Ingår i Hudson, B. & Meyer, M. A. (red.) *Beyond Fragmentation: Didactics, Learning and Teaching in Europe*, ss. 47-59. Leverkusen: Barbara Budrich Publishers.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P., & Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 2: Ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education*, vol. 18, nr. 1, ss. 19-34.
- Lidar, M. (2010). *Erfarenhet och sociokulturella resurser: Analyser av elevers lärande i naturorienterande undervisning*. (Diss.) Uppsala: Uppsala universitet.
- Lidar, M., Lundqvist, E., & Östman, L. (2006). Teaching and learning in the science classroom: The interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology. *Science Education*, vol. 90, nr. 1, ss. 148-163.
- Kelly, G. J., McDonald, S., & Wickman, P.-O. (2012). Science learning and epistemology. Ingår i K. Tobin, B. J. Fraser, & C. J. McRobbie (red.), *Second international Handbook of Science Education*, ss. 281-291. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Näs, H. & Ottander, c. (2008). Student reasoning while investigating plant material. *Nordina*, vol. 4, nr. 2, ss. 177-191.
- Roth, W.-M. (2008). A question of competing paradigms? *Cultural Studies of Science Education*, vol. 3, nr. 2, ss.373-385.
- Schoultz, J. (1999). Naturvetenskaplig kunskap i samtal och papper-och-penna-test. Ingår i I. Carlgren (Red.), *Miljöer för lärande*, ss. 182-204. Lund: Studentlitteratur.
- Skolverket. (2011). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011*. Stockholm: Skolverket.
- Smith, E. L., & Anderson, C. (1986). *Alternative student conceptions of matter cycling in ecosystems*. Paper presenterat vid the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, California.
- Stolpe, K. & Dagerman Stadig, M. (2008). Associationsverktyg som ett sätt att studera studenters diskussion kring naturvetenskapliga begrepp. *Nordina*, vol. 4, nr. 1, ss. 35-47.
- Säljö, R. (1995). Begreppsbildning som pedagogisk drog. *Utbildning och demokrati*, vol. 4, nr. 1, ss. 5-22.
- 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.
- Vetenskapsrådet. (2002). *Forskningsetiska principer inom humanistisk-samhällsveten-*

Bengtsson, Weiland & Anderhag

*skaplig forskning*. Stockholm: Vetenskapsrådet.

Vikström, A. (2015). Vad är det som gör skillnad? - vad undervisningen måste göra synligt och vad eleverna måste lära sig för att förstå begreppet materia. *Forskning om undervisning och lärande*, nr. 15, ss. 22-37.

Wickman, P.-O. (2006). *Aesthetic experience in science education: Learning and meaning-making as situated talk and action*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Wickman, P.-O., & Jakobson, B. (2005). Den naturvetenskapliga undervisningens estetik. *Utbildning & Demokrati*, vol. 14, nr. 1, ss. 81-100.

Wickman, P.-O., & Östman, L. (2002). Learning as discourse change: A sociocultural mechanism. *Science Education*, vol. 86, nr. 5, ss. 60-623.

Wittgenstein, L. (1992). *Om visshet*. Stockholm: Thales.