Per Anderhag är doktorand i naturvetenskapsämnenas didaktik vid Stockholms universitet. Hans forskningsintresse är elevers intresse för naturvetenskap. Per har en bakgrund som ämneslärare i biologi och naturkunskap.

Helena Danielsson Thorell är doktor i kemi och ämneslärare i kemi och matematik. Hon är nu lektor på gymnasiet.

Carina Andersson är ämneslärare i naturvetenskapliga ämnen och matematik och arbetar på grundskolan.

Andreas Holst är ämneslärare i naturvetenskapliga ämnen och matematik och arbetar på grundskolan.

Johan Nordling är ämneslärare i biologi och kemi och arbetar på gymnasiet.

Studien genomfördes inom ramen för Stockholm stads ämnesdidaktiska nätverk.

PER ANDERHAG
Institutionen för matematikämnets och naturvetenskapsämnenas didaktik, Stockholms universitet, Sverige
per.anderhag@mnd.su.se

HELENA DANIELSSON THORELL
Utbildningsförvaltningen Stockholms stad, Sverige
helena.danielsson@stockholm.se

CARINA ANDERSSON
Utbildningsförvaltningen Stockholms stad, Sverige
carina.cad.andersson@stockholm.se

ANDREAS HOLST
Utbildningsförvaltningen Stockholms stad, Sverige
andreas.holst@stockholm.se

JOHAN NORDLING
Utbildningsförvaltningen Stockholms stad, Sverige
johan.nordling@stockholm.se

Syften och tillfälligheter i högstadie- och gymnasielaborationen: En studie om hur elever handlar i relation till aktivitetens mål

Abstract

Studies have shown that students' awareness of the goals and purposes of the laboratory activity is important for their possibility to participate in and learn from the activity. While practical activities often have been considered to be a central part of science education, relatively few studies have examined laboratory work in situ. In this paper we addressed these issues by examining (a) what purposes are distinguished when students' work with a laboratory assignment and (b) how these purposes are made continuous with the teacher's aim with the assignment. The data was based on classroom observations from two ordinary laboratory settings, one from a chemistry class in lower secondary school and one from a physics class in the natural science programme in upper secondary school. Although both student groups acknowledged their teacher's intentions with the practical and could act towards the more student centered purposes of the activity, e.g. describe what happens with the copper and measure the speed of a small vessel respectively, there were differences regarding the possibilities the students had to act toward the activity's final aim. The results showed that these factors can be referred to the amount of purposes introduced by the teacher as well as those that arose because of contingences, and the connection of these purposes to students' prior experiences.

Inledning

Studier har visat att många elever uppfattar naturvetenskap som viktigt för samhället men inte för dem personligen (Jenkins & Nelson, 2005; Lindahl, 2003). Vidare beskriver elever ofta naturvetenskap som alltför främmande för att de ska vilja och kunna engagera sig i frågor som berör ämnet (Schreiner, 2006; Taconis & Kessels, 2009). Laborativt arbete, som utgör ett centralt inslag i naturvetenskaplig utbildning (Högström, Ottander & Benckert, 2006), har i detta sammanhang förts fram som ett medel för att påverka elevers intresse för naturvetenskap (Abrahams, 2009; Hofstein & Lunetta, 2004; Toplis, 2012). Förutom att laborationer ofta beskrivs som positiva för elevernas attityder till naturvetenskap, anses de även vara av stor betydelse för elevernas förståelse av samt färdigheter i naturvetenskap (Jenkins & Nelson, 2005). Med hjälp av laborativa inslag kan de naturvetenskapliga ämnena göras meningsfulla och begripliga, detta då eleverna ges ytterligare möjligheter att bearbeta naturvetenskapliga begrepp, teorier och metoder (Lunetta, Hofstein & Clough, 2007; Millar, 2004).

Studier har också visat att elever ofta uppskattar laborationer och att de förknippar dem med naturvetenskap (Hampden-Thompson & Bennett, 2013; Osborne & Collins, 2000; Wellington, 2005). Framförallt via intervju- och enkätstudier vet vi att elever har förväntningar på det laborativa arbete de tror sig kommer möta i skolans naturvetenskapsundervisning (Jarman, 1993) och att de tycker att laborationer är roliga (Osborne & Collins, 2000). Eleverna ger olika förklaringar till varför de uppskattar laborationer, till exempel menar de att laborationer ger dem möjligheter att arbeta tillsammans (Wellington, 2005) och att ämnena blir mer tillgängliga (Osborne & Collins, 2000) samt att det blir lättare att lära sig stoffet (Cerini, Murray & Reiss, 2003). Att elever vanligtvis uppskattar praktiska inslag bekräftats även av studier på lärares erfarenheter av vad i undervisningen de anser påverkar elevers attityder till, och förståelse av, naturvetenskap (Abrahams, 2009; Högström, et al., 2006). Lärare kan referera till praktiska inslag som ett sätt att fånga elevers intresse vilket de även anser gynnar elevernas lärande (Högström, et al., 2006; Wellington, 2005). Även om laborationer ofta uppskattas av elever och lärare kan man inte utgå från att denna undervisningsform automatiskt innebär att ämnet blir mer tillgängligt för eleverna eller leder till ett mer bestående intresse för naturvetenskap (Abrahams, 2009; Toplis, 2012). I studier av Abrahams (2009) och Lindahl (2003) beskriver eleverna laborationer som ett roligare alternativ till den mer traditionella undervisningen med läsning och textuppgifter. Praktiska inslag kan således vara positiva avbrott snarare än något som är intressant och meningsfullt i sig själv (Abrahams, 2009). Även studier som fokuserat lärarnas verksamhet antyder att så ibland kan vara fallet, t.ex. visade Abrahams (2009) att lärare kan använda praktiska inslag för att primärt skapa tillfällig uppmärksamhet. Andra menar också att illa planerade laborationer ofta fokuserar på genomförandeprocesser (Berry, Mulhall, Gunstone & Loughran, 1999), att de riskerar att förvirra mer än klargöra (Hofstein & Lunetta, 2004; Wellington, 2005) och enbart har en liten betydelse för elevernas lärande (Abrahams & Millar, 2008; Hofstein & Lunetta, 2004).

Oavsett vilka intentioner en lärare har med ett laborativt inslag är det viktigt att aktivitetens mål och syften klargörs och kommuniceras till eleverna (Hart, Mulhall, Berry, Loughran & Gunstone, 2000; Högström, Ottander & Benckert, 2010). Studier har nämligen visat att eleverna ibland inte vet vad de förväntas lära sig eller uppnå när de arbetar laborativt i naturvetenskapsklassrummet (Högström, et al., 2010; Lindahl, 2003; Säljö & Bergqvist, 1997). I en studie av Högström et al. (2010) uppgav eleverna till exempel att säkerhet och risker, som inte var ett uttalat mål med laborationen, var viktigt att lära sig under laborationstillfället och inte de kemiska begrepp som läraren hade uppgett till forskarna var centralt för aktiviteten. Klassrumsobservationerna visade att lärarens handlingar under lektionen var betydelsefulla för vad eleverna uppfattade som viktigt att lära sig. De menar därför att läraren bör vara medveten om de mål hon har med den specifika laborationen, att dessa klargörs för eleverna och att läraren sedan handlar mot dessa mål (Högström, et al., 2010). Liknande resonemang förs av Berry et al. (1999) som menar att förståelse av målen med den specifika aktiviteten, men även också förståelse av de övergripande mål aktiviteten syftar mot, är viktiga för elevernas möjligheter att handla meningsfullt. Man kan bara spekulera i vilken typ av laborationer som elever vanligtvis möter i naturvetenskapsklassrummet men det är rimligt att anta att elever som sällan eller aldrig förstår syf-

tet med det som görs i klassrummet inte heller uppfattar naturvetenskap som en för dem meningsfull verksamhet (Wickman, 2006).

Även om praktiska inslag ses som en central del i naturvetenskaplig undervisning finns det förvånansvärt få klassrumsstudier där man undersökt laborationer in situ (Högström et al., 2010; Toplis, 2012). Det finns därför ett behov att närmare studera hur elever uppfattar de mål som undervisningens laborativa aktiviteter strävar mot (Högström et al., 2010). Då tidigare forskning ofta har baserats på utsagor från intervjuer och enkäter, där eleverna i efterhand har fått beskriva en viss undervisningssituation (Toplis, 2012; Tytler, Osborne, Williams, Tytler & Cripps Clark, 2008), vet vi dessutom väldigt lite om sammanhangets betydelse för de möjligheter eleverna har att handla i enlighet med aktivitetens mål och syften.

I denna studie undersöker vi hur två elevgrupper, den ena i grundskolans senare år och den andra på gymnasiets naturvetenskapsprogram, handlar i relation till de mål som de laborativa aktiviteterna strävar mot. Syftet med studien är att bidra till vår förståelse om vad som kan vara kännetecknande för en laborativ undervisning där eleverna blir delaktiga.

Teoretiskt ramverk och studiens frågeställningar

Studien bygger på ett pragmatiskt perspektiv på språk och meningsskapande. Detta innebär att utsagors betydelse står att finna i dess användning och funktion i ett specifikt sammanhang (Wickman, 2004; Wickman & Östman, 2002). Ett grundantagande är därför att meningsskapande är möjligt att studera i handling. I detta ramverk har Johansson och Wickman (2011) visat hur kontinuitet mellan undervisningens olika mål har betydelse för elevers lärandeprogression. Författarna skiljer mellan *närliggande* och *övergripande* syften där de förra betecknar de mer elevorienterade målen (t.ex. att beskriva utseendet på ett blad) och de senare de mer överordnade målen läraren har med lektionen eller undervisningen (t.ex. att eleverna ska kunna skilja på olika ekologiska anpassningar hos växter). Om det övergripande syftet för en kurs är att till exempel jämföra olika sötvattensekosystem, kan sannolika närliggande syften vara: vilka djur finns? Vilket är pH-värdet? Och så vidare. Ett funktionellt närliggande syfte hjälper eleverna att göra kloka val tillsammans med läraren och kan då sägas bli ett *mål-i-sikte* för eleven. Begreppet mål-i-sikte kommer från John Deweys tankar om progression och "designates the purposes we use in the current moment to make choices even though the final end, in the future, may be different" (Johansson & Wickman, 2011, s.47). Johansson och Wickman (2011) motiverar uppdelningen av syften på grund av att de övergripande målen verksamheten har, inte nödvändigtvis fungerar som ett fruktbart mål-i-sikte för eleverna. Författarna betonar dock att det är viktigt att de närliggande syftena görs *kontinuerliga* med det övergripande syftet för att stödja lärande (Johansson & Wickman, 2011). Det vill säga, elevens tidigare erfarenheter, den aktuella situationen och de nya verksamheter eleven ska bli del av hänger samman och fortsätter i handling. I exemplet ovan skulle det kunna betyda att undersökningen av bladet hjälper eleven att se skillnader i framtida möten med blad.

I denna studie intresserar vi oss främst för elevers möjligheter att handla i enlighet med aktivitetens mål och syften och därmed vara delaktiga i det som sker i klassrummet. En förutsättning för att vara delaktig i en verksamhet kan delvis handla om att man förstår vad man gör och varför, verksamheten kan då, i någon form, sägas vara meningsfull. Vad som är meningsfullt för deltagarna i en specifik verksamhet kan givetvis variera men två aspekter som kan vara betydelsefulla är: (1) man förstår vad man ska göra, de närliggande syftena blir mål-i-sikte och (2) det man gör är del i ett sammanhang, det man förväntas göra hänger samman med tidigare erfarenheter men också med det man förväntas uppnå. Det vill säga, handlandet har även ett framåtpekande syfte, mål-i-sikte blir kontinuerligt med verksamhetens övergripande syfte. Som beskrevs inledningsvis avser vi att undersöka hur elever handlar i relation till de mål och syften som undervisningens laborativa aktiviteter strävar mot. Följande frågeställningar kommer i och med detta att besvaras:

- Vilka närliggande syften kan urskiljas i elevernas sätt att arbeta med en laborationsuppgift?
- Hur blir dessa närliggande syften kontinuerliga med lärarens övergripande syften med uppgiften?

Metod

Materialet för denna artikel kommer från observationer som utfördes under ett laborationstillfälle i en gymnasieklass på naturvetenskapsprogrammet (år 2) och en högstadieklass (skolår 9). Gymnasieskolan ligger centralt i en svensk stad och grundskolan ligger i en förort till samma stad. Skolornas elevunderlag är likvärdigt med avseende på socioekonomisk bakgrund och betygsnivåer. De två skolnivåerna valdes på grund av att naturvetenskapsämnena kemi, fysik och biologi är tydligt åtskilda samt för att laborationer vanligtvis är ett återkommande inslag i undervisningen. Eleverna i svensk grundskola är garanterade en lägsta totala undervisningstid under sin grundskoletid (skolår 1-9). För ämnena biologi, fysik, kemi och teknik är denna garanterade tid sammanlagt 800 timmar. Timmarna kan fördelas olika under åren och mellan ämnena men vanligtvis ligger tyngdpunkten på högstadiet (skolår 7-9). Det finns dock utrymme för stora variationer. På gymnasiets naturvetenskapsprogram med inriktning naturvetenskap läser eleverna total 650 poäng fördelat på kurser i ämnena biologi, kemi och fysik. En hundrapoängskurs motsvarar ungefär fyra veckors heltidsstudier. Även om studien inte syftar till att beskriva eventuella nivåspecifika likheter eller skillnader, ansågs högstadiet vara intressant då det framförallt är här som negativa attityder till naturvetenskap uttrycks (Tytler, et al., 2008) och att elever på gymnasiets naturvetenskapsprogram kan sägas ha valt en naturvetenskaplig utbildningskarriär (Anderhag, Emanuelsson, Wickman & Hamza, 2013).

Observation brukar beskrivas som ett uppmärksammat iakttagande som berör vad folk gör och är en lämplig metod vid informationssamlande som berör beteenden och händelser i vardagen i det direkta ögonblicket (Patel & Davidson, 2003). Genom att endast anteckna det som sägs och sker och inte lägga in egna reflektioner kan infärgning av observatörens egna förväntningar till viss del motverkas. En observatörs närvaro påverkar alltid en grupp och för att minimera effekten av påverkan förhöll sig observatören helt passiv och interagerade därför varken med lärare eller med elever under momentet. Vid observationstillfället valdes laborationsgrupp slumpmässigt genom att den grupp som satte sig närmast observatören följdes. Allt som sades i laborationsgruppen skrevs ned tillsammans med kommentarer om vad som skedde i gruppen. Observatören fokuserade endast på den aktuella elevgruppens aktiviteter. Målsättningen med observationen var att anteckna allt som sades och notera det som gjordes i den utvalda elevgruppen, övrig aktivitet i klassrummet noterades endast när det uppenbart berörde den elevgrupp som observerades. Anteckningarna renskrevs och behandlades sedan som transkript.

Transkripten analyseras med utgångspunkt från följande begrepp: *Övergripande* syfte – lärarens mer slutgiltiga syfte med lektionsmomentet. Dessa syften var antingen explicit uttalade av läraren till eleverna eller enbart meddelade till observatören inför lektionstillfället, *Närliggande syften* – de elevorienterade syften som kan fungera som *mål-i-sikte* för eleverna och därmed kan leda dem mot det övergripande syftet. Här definieras de närliggande syftena som av läraren fastställda uppdrag till vilka eleverna har att förhålla sig till under lektionen. De närliggande syften som har identifierats har sedan undersökts för att urskilja om de kan anses bli *kontinuerliga* med det övergripande syftet. Transkripten har också analyserats för att identifiera tal och handlingar som indikerar en kontinuitet bakåt, det vill säga. att eleverna kan koppla det de gör till erfarenheter de redan har inom området. Kontinuitet i tal och handling är möjligt att studera genom praktisk epistemologisk analys (PEA) (se t.ex. Kelly, McDonald & Wickman, 2012). Vid användandet av PEA utgår man ifrån att meningsskapande är en process som kännetecknas av skapandet av *relationer* – likheter och skillnader – till det som för individen är omedelbart begripligt (det som *står fast*). I lärandet fylls *mellanrummet* som uppstår mellan det man redan vet och det som är nytt. Fyllandet av mellanrum kan till exempel ske genom att eleverna plockar fram en bok, frågar sina kamrater, eller lärare, osv. Mellanrum fylls ofta utan att det uppmärksammas – i form av frågor, tvekan. – i tal och handling. Om eleverna inte kan

fylla mellanrummet kan det innebära att eleverna inte kan ta sig vidare. Mellanrum som inte fylls finns kvar och kan fyllas i framtiden (Wickman & Östman, 2002). I denna studie använder vi begreppen mellanrum, relationer och stå fast för att synliggöra hur begrepp och företeelser, samt syften blir kontinuerliga i handling.

Följande exempel visar hur mål-i-sikte kan identifieras, exemplet visar också hur ett närliggande syfte blir kontinuerligt med det övergripande syftet. Vi ser också en kontinuitet bakåt i exemplet. Transkriptet kommer från en laboration i elektrokemi där eleverna ska undersöka vad som händer med metallbleck som sätts ned i jonlösningar. Det övergripande syftet, vilket i detta fall är lektionens syfte vilket läraren inledningsvis har berättat för klassen, är att eleverna ska förstå innebörden av spänningsserien. Det närliggande syftet är att eleverna ska *förklara vad som händer i bägarna genom att observera och diskutera*. Detta syfte finns framskrivet i en laborationsinstruktion som eleverna har tillgång till. Läraren har dessutom muntligen beskrivet hur de ska gå tillväga för att iordningställa undersökningen. I exemplet laborerar eleverna med en bägare som innehåller kopparsulfatlösning och ett aluminiumbleck. Plötsligt ser de att det ”skummar” i bägaren med kopparsulfat och aluminiumbleck. På frågan vad som händer svarar en elev att ”Aluminiumbiten släpper ifrån sig elektroner till kopparjonerna, som bildar kopparatomer” och ”kopparjonlösningen finns ju överallt, så det är där det precis sker.” Därefter utspelar sig följande samtal mellan eleverna:

1 E2: Den har fått en rödaktig färg på kanterna.
2 E1: Det ser nästan ut som rost
3 E5: Den rostar alltså?
4 E2: Nä, rost är en helt annan sak.
5 E1: Det ser ut som rost.
6 E4: Är inte rost en oxidation?
7 E2: Alltså det här är också en oxidation va. På ett sätt är det en oxidation.
8 E4: Nä, det är en reduktion.
9 E2 och E3: Det är både och för det släpper både ifrån och tar till sig
10 E2: ...alltså oxiderar aluminiumbiten och kopparjonlösningen reduceras

Eleverna samtalar om det de ser (rad 1-2). När en elev undrar om aluminiumbiten rostar (rad 3), så leder det över samtalet på oxidation (rad 6). Det är alltså eleverna som för in begreppen oxidation och reduktion (rad 8) i samtalet. Ingen i gruppen frågar vad som menas med oxidation/reduktion, utan dessa begrepp står fast och visar på en kontinuitet bakåt. Från tidigare erfarenheter om att rost handlar om oxidation (rad 6), drar de nu en parallell till dagens laboration (rad 7-8) och kommer fram till att det både sker en oxidation och en reduktion (rad 9-10) i bägaren med aluminium och kopparjonlösning. Vi ser att eleverna begreppsmässigt kopplar ihop elektronövergång med begreppen oxidation/reduktion (rad 9-10) och det närliggande syftet att förklara vad som händer i bägarna har fungerat som ett mål-i-sikte för eleverna. Eleverna har genom det närliggande syftet utrett några samband mellan koppar och aluminium, vilket är en del av det övergripande syftet. Det närliggande syftet har här bidragit till en progression mot det övergripande syftet.

Resultat

De närliggande syften som identifierats presenteras här under egna rubriker och i den ordning de uppkom under respektive laboration. Detta innebär således att laborationerna presenteras separat och att de i stort beskrivs från början till slut. Resultatet sammanfattas avslutningsvis i relation till studiens två forskningsfrågor.

Laboration 1 - Elektrokemi

Laboration 1 utförs i årskurs nio. Det är den första lektionen inom ett avsnitt i elektrokemi och lärarens övergripande syfte med laboration är att eleverna ska få en inledande förståelse av spännings-

serien. Vid laborationen ska eleverna lägga ned en bit aluminiumfolie i en bägare med kopparsulfatlösning och i en annan bägare lägga en bit kopparfolie i en lösning av aluminiumsulfat. I den första bägaren finns då aluminium i fast form och kopparjoner och i den andra bägaren koppar i fast form och aluminiumjoner. Förväntat resultat är att aluminiumfolien löses upp och att det samtidigt faller ut koppar i fast form. Aluminiumfolien oxiderar, det vill säga avger elektroner och omvandlas till aluminiumjoner som går ut i lösningen, medan kopparjonerna reduceras; tar upp elektroner och bildar koppar i fast form. I den andra bägaren sker ingen reaktion. I likhet med exemplet ovan har eleverna ett närliggande syfte att förhålla sig till: *beskriv vad som händer med koppar och aluminium i respektive jonlösning*. Detta uppdrag finns angivet i laborationsanvisningarna samt har beskrivits av läraren vid introduktionen av laborationen.

Vad händer med koppar och aluminium i respektive jonlösning? Del 1

I nedanstående transkript försöker eleverna, som ännu inte har satt upp försöket, ta reda på vilken laddning metalljonerna kan tänkas ha:

11 E3 [pekar till höger i periodiska systemet]: dom här är ädlare…
12 E5: Aluminium måste vara basiskt från början…
13 E2: …inte syra bas nu!
14 E2: Koppar vill ha sju elektroner för att få ädelgasstruktur…
[E3 hämtar läraren]
15 L: …metalljoner är alltid positiva, koppar är c-u två plus [Cu^{2+}] och aluminium a-l tre plus [Al^{3+}]
16 E2: Hur kan koppar ha två plus?
[E3 skriver: $Al^{3+} + Cu \rightarrow Al + 3\ e^{-}$]
17 E3: …jag tror att kopparfolien löses upp
18 E3: …koppar vill bli till c-u två plus [Cu^{2+}]

I transkriptet gör eleverna ett antal val där de urskiljer vad som verkar relevant för uppgiften, dels explicit gällande vilket område i kemin som kan anses vara relevant (rad 12-13), men även implicit genom de begrepp de använder. Syra och bas tycks inte vara en förklaringsmodell som är användbar, utan istället används periodiska systemet för att ta reda på vilken laddning metalljonerna kan ha. Begreppen elektroner, joner och ädelgasstruktur står fast i samtalet, det vill säga dessa ord behöver de inte prata om (ingen säger ”vad menar du”, ”vad då laddning?”) utan samtalet fortskrider. När de på egen hand inte kan reda ut vilken laddning metalljonerna har, så hämtar en elev i gruppen läraren som ger dem svaret. Genom de urskiljningar eleverna gör, ser vi att det närliggande syftet att beskriva *vad som händer med koppar och aluminium i respektive jonlösning* även utgör ett mål-i-sikte för eleverna. I denna process framgår det att metallernas reaktioner kan förklaras utifrån en överföring av elektroner och denna överföring kan i sin tur förklaras utifrån ädelgasstruktur. Eleverna använder således ädelgasstruktur för att förutsäga vilka joner som bildas. Begreppet ädelgasstruktur kan användas för att bestämma jonladdning för ett visst antal ämnen men är inte en generell metod för att bestämma joners laddning (gäller t.ex. jonerna i denna laboration men på grundskolan kan denna förenkling dock vara ett bra verktyg). Det är fullt möjligt att eleverna på en direkt fråga inte skulle kunna redogöra för vad ädelgasstruktur innebär eller hur atomer omvandlas till joner (rad 14). Men, vilket transkriptet visar, eleverna använder en begreppsapparat som de förefaller vara väl bekanta med och denna är en del i en modell som kan förklara vad som händer med metaller i en jonlösning. Här finns en kontinuitet bakåt, synlig genom elevernas förståelse och användning av begreppen, och det finns en framåtriktad rörelse mot ett närliggande syfte. Innan de kan nå fram dit behöver de dock göra ett antal urskiljningar, till exempel att komma överens om vilken modell de ska använda och vilken laddning kopparjoner har.

Vad händer med koppar och aluminium i respektive jonlösning? Del 2
Eleverna lägger ned en bit koppar i aluminiumsulfatlösningen och efter en stund även aluminiumfolie i kopparsulfatlösningen. Aluminiumfolien lägger sig på ytan av jonlösningen, men därutöver händer inget synbart i bägarna. Läraren styr då in gruppen mot det övergripande syftet genom att hänvisa till läroboken där de kan läsa om spänningsserien:

19 E2: ...den bleknar [syftar på kopparbiten]
20 E4: Det står att lösningen blir varm! [känner på bägarna, men märker ingen skillnad]
[Gruppen läser]
21 E3: Vilka är kopparjonerna?
22 E4: Det står...koppar mer ädel än järn
23 E5: Jättetråkigt experiment!
24 E5: Nu flyter den i alla fall inte upp längre. [aluminiumfolien]
25 E2: Vad är H? Det är väl inte en metall? Det står här. [pekar på spänningsserien]
26 E5 : Är ädlare samma som stabilare? [till läraren som inte uppfattar frågan]
27 E1: Åh! Det har hänt något med aluminiumbiten! ...ser ut som koppar på.
28 E2: ...kopparjonerna har tagit elektroner från vätskan så att det blir till kopparatomer.

I ovanstående transkript växlar eleverna mellan att studera metallerna i bägarna, läsa i läroboken och att reflektera tillsammans. De jämför den fakta som står i boken med det som händer/inte händer i deras bägare (rad 20). Eleverna tycks vara klara över att det som händer med metallerna har med elektronövergång att göra. Precis som i det föregående transkriptet är en kontinuitet bakåt synlig genom de distinktioner eleverna gör: *kopparjoner* finns i lösningen, en atom kan vara ädel, *H* är väl ingen *metall?* Eleverna når det närliggande syftet att besvara *vad som händer med koppar och aluminium i respektive jonlösning* i rad 27-28. De har ännu inte full förståelse av hur elektronövergången sker, men reaktionen skulle kunna förklaras med att kopparjonerna har tagit elektroner från vätskan och blivit kopparatomer. Innan de kommit dit har, i mötet med lärobokstexten och det som observeras, dock ett antal mellanrum framträtt: lösningen borde bli varm (rad 20), väte är väl inte en metall? (rad 25), är ädel och stabil samma sak? (rad 26). En relation etableras mellan ädel och koppar: *koppar är ädlare än järn* (rad 22). Huruvida ädel i sin tur är samma sak som stabil och vilken betydelse detta kan ha för vad som händer i bägaren lämnas dock obesvarad. Detta gäller även för vätets (H) plats i spänningsserien (rad 25) som uppfattas av en elev som märklig, väte är ju ingen metall medan de övriga grundämnena i serien är det.

Eleverna läser och samtalar en stund till samt antecknar resultatet av laborationen. Lektionen avslutas med att läraren samlar ihop alla lösningar med kopparsulfat och aluminiumbitar och säger att de ska få stå över helgen. ”Vi följer upp laborationen på måndag.” Alla elever diskar och plockar undan. Lektionen är slut.

Laboration 2 – Newtons andra lag

Laboration 2 utförs i årskurs två på gymnasiet. Lärarens övergripande syfte med laborationen är att eleverna ska få en inledande förståelse av Newtons andra lag (sambandet mellan kraft, massa och acceleration, F = ma). Under laborationen ska eleverna mäta tiden det tar för en liten vagn att åka en bestämd sträcka utmed en bordsskiva. Detta sker genom att eleverna släpper vagnen som dras av en vikt. Vagnen rör sig då genom en fotogrind som därmed ger dem en tidsangivelse. Denna tid kan tillsammans med sträckan användas för att räkna ut accelerationen. Principen är, vilket inte förklaras explicit under genomgången, att genom att hela tiden ha samma totalvikt i ekipaget (last och dragvikt) samtidigt som man växlar dragvikten (olika tunga vikter) kommer man att få olika tider och därmed olika mått på accelerationen. När vikten är placerad på vagnen så ingår den i vagnens massa (m) men när vikten hänger som en tyngd och drar vagnen så motsvarar den, när den har multiplicerats med tyngdaccelerationen (*g),* istället kraften (F). Inledningsvis introduceras ett flertal närliggande syften i och med att läraren visar eleverna formeln som beskriver sambandet mellan tid, sträcka och

acceleration samt hur utrustningen som står framför eleverna fungerar. De behöver justera vikterna enligt ovan och mäta tiden. Den data de samlar ska sedan användas för att konstruera en graf. Under laboration återkommer läraren till dessa syften genom att beskriva hur de ska göra eller vad de behöver göra annorlunda eller fundera över.

Mäta tiden

För att kunna utreda sambandet mellan acceleration och massa behöver eleverna inledningsvis mäta den tid det tar för vagnen, med olika fördelning av massan, att röra sig en viss sträcka. Eleverna i gruppen arbetar mest under tystnad och kommunikationen sker främst genom korta meningar rörande själva utförandet. De tycks inte i någon större utsträckning behöva klargöra vad och varför saker görs och de vet hur de ska använda utrustningen för att få fram mätvärden. Det närliggande syftet att *mäta tiden* det tar för en vagn att röra sig en viss sträcka är därmed också ett mål-i-sikte för eleverna. Eleverna arbetar koncentrerat mot detta mål och registrerar mätvärden på ett oproblematiskt sätt.

Beräkna accelerationen

Efter att eleverna har tagit fram data som beskriver den tid det tar för vagnen att förflytta sig sträckan *s* med massan fördelad på olika sätt, ska accelerationen beräknas för varje försök. Läraren har i början av lektionen visat på sambandet mellan sträcka, tid och acceleration i form av en formel ($s = v_0t + at^2/2$, $v_0 = 0$). Det här sambandet har eleverna arbetat med tidigare och de ska alltså med hjälp av formeln ta fram värdet på accelerationen genom att lösa ut *a* ur formeln.

29 E2: *a* är två, *s* är…?
30 E1: hur räknar man?
31 E2: två gånger ett genom tre, vi vill få ut *a* på ena sidan…
32 E2: multiplicera med två dela med *t* två
33 E3: sträckan är ju femtio, behöver vi tänka på SI - enheter?
[E2 räknar och E1 och E3 skriver]

Eleverna förstår att de ska använda sambandet för att få fram accelerationen men de är inte helt säkra på hur de ska göra (rad 29-33). Det är inte självklart vad som är vad, vad är sträcka respektive acceleration, *a är två, s är…?* (rad 29), de funderar på hur man göra för att lösa ut *a*, *två gånger ett genom tre, vi vill få ut a på ena sidan…* (rad 31). Mål-i-sikte är att få fram värdet på *a* och i och med detta uppkommer ett antal mellanrum, vilken enhet och hur många decimaler som ska användas står därmed inte fast när eleverna gör beräkningarna.

34 E3: nej det är fel
35 E2: vänta, vänta vi räknade med…
[Alla börjar sudda och räkna om]
36 E2: 0,090
37 E3: hur gjorde du? [till E1]
38 E1: vi tar det lite lugnt, så kan vi räkna tillsammans
39 E3: 0,098
[Alla räknar igen]
40 E1: hur tar man bort här? [till E3 som visar hur man gör]
[E2 som har förstått hur räknaren ska hanteras visar E1 och E3 på deras räknare]
41 E3: hur många decimaler…två…eller..tre?
42 E2: tre
43 E3: jag körde bara på två
44 E2: du måste dela, vi körde på centimeter

Eleverna upptäcker att de har gjort fel när de beräknade accelerationen (rad 35-40) och gör om beräkningarna. Kommunikationen mellan eleverna är knapphändig och sker lika mycket genom att de tittar på vad de andra i gruppen gör på sina räknare. I rad 43 och 44 etableras relationer mellan *enheter – centimeter* och *decimaler – två*.

Mäta tiden - massa eller tyngd?

Eleverna ska här ta steget från att ha använt formeln för sambandet mellan sträcka, acceleration och tid för att räkna fram accelerationen till att använda den framräknade accelerationen och ”rätt” vikt (som nu multiplicerat med *g* kallas för kraft) för att göra en graf i ett koordinatsystem. Även om begreppet kraft är en central del i det övergripande syftet används det sparsamt under laborationen och det är svårt att ur transkripten utläsa hur begreppet uppfattas. Eleverna använder begreppet en gång i början av laborationen (rad 48).

45 E1: hur mycket?
46 E2: 30
47 E3: ready
48 E3: vikt? Tyngdkraft..
49 E2: 50
50 E2: okej vi tar 60

När eleven pratar om tyngdkraft som vikt; *vikt? Tyngdkraft* (rad 48) så framgår det inte om eleven menar den vikt som sitter på vagnen eller den som drar vagnen, men av sammanhanget verkar det ändå som om eleven menar den vikt som drar vagnen.

Diskussion om hur massan ska hanteras kommer upp flera gånger under laborationen. Som beskrevs ovan är mätandet av tiden ett närliggande syfte för att nå målet att utreda sambandet mellan kraft, acceleration och massa. I transkriptet nedan kan vi se hur detta, inledningsvis oproblematiska, mätande i och med detta blir komplicerat. När eleverna är klara med mätningarna uppkommer nämligen frågor om vilken roll massan har i sammanhanget:

51 E2 och E1: skulle vi göra något med massan?
52 L: ja hur gör ni det?
53 E1: ska vi mäta?
54 L: ja ni var ju så snabba…ni fick ju ganska bra värden…om ni tar bort en vikt..
55 E1: finns det något annat sätt?
56 E2: man kan inte räkna ut det?
[Gruppen börjar mäta igen]
57 E2: ska man inte variera massan?
58 L: nej jag tänkte att ni hade en annan massa
59 E2: hur kan man få ut ett samband då? Det är ju bara två olika

I detta transkript framkommer saker som är av betydelse för mätandet av tiden och som eleverna inte uppmärksammat tidigare. När läraren presenterade för eleverna hur de skulle utföra laborationen beskrev läraren hur man ska variera massan i ekipaget genom att variera den dragande vikten. Genom att hela tiden ha samma totalvikt i ekipaget (last och dragvikt) samtidigt som man växlar dragvikten (olika tunga vikter) kommer man att få olika tider och därmed olika mått på accelerationen. Detta är en viktig del för förståelsen av mätandet av tiden och förmodligen något som läraren vill att eleverna ska fundera över. I rad 51 har eleverna uppmärksammat detta och frågar därför läraren om de ska göra någonting med massan. Läraren ger dem inte svaret direkt utan frågar dem hur de ska göra. I samband med detta gör även läraren en estetisk distinktion, de har ganska *bra* värden. Eleverna är dock inte säkra på vad som är det rätta sättet att hantera massan på i relation till det närliggande

syftet *mäta tid* och det är osäkert huruvida eleverna förstår vad som är bra med deras värden. Ett mellanrum har uppmärksammats, vad är relationen mellan massan – mäta tid - sambandet? Ett antal relationer föreslås: handlar det om att *mäta?* (rad 53), *finns det något annat sätt?* (rad 55), *man kan inte räkna ut det?* (rad 56) och ska *man inte variera massan?* (rad 57). De är medvetna om att massan är väsentlig och att de därför behöver manipulera denna på något sätt. Deras förslag visar dock på att det finns ett flertal olika alternativ på hur de ska förhålla sig till detta. För att kunna mäta tiden behöver alltså eleverna först urskilja vad som är relevant i att mäta tiden.

Plotta graf

Under laborationens gång blir behovet av att kunna använda räknaren allt större. Att ”plotta” en graf med hjälp av miniräknaren blir ett mål-i-sikte. Vid ett flertal tillfällen kommenterar eleverna användandet av miniräknaren och de svårigheter de har med att framställa en graf:

60 E3: man glömmer alltid bort hur man plottar
61 L: om ni har själva plotten är det bara att sätta igång den i räknaren
62 E3: man glömmer alltid
[...]
63 E2: okej vi gör om allt...hallå vad ska vi ha då.....vi ska ha massa...
64 E3: nej vi behöver våra räknare, vi måste ändå lära oss plotta [En elev ur en annan grupp vill låna en räknare]
[...]
65 E2: det måste vara en linje, linjärt
66 E1: vi måste hitta något samband med massan
[E2 och E1 tittar på instruktionerna på tavlan]
[...]
67 E2: sen sätter vi in den här i...x-värdet var?
68 E1: accelerationen
69 E2: accelerationen
[Gruppen fortätter att räkna]
70 E1: okej
[E3 visar på sin räknare och frågar de andra hur man ska göra]
[E2 visar (tar elevens räknare)]
71 E3: du får ju en linje, jag får ju inte...

Att plotta på räknaren blir därmed ett mål-i-sikte som tar stort utrymme (rad 60, 64). Det är inte självklart för eleverna hur de ska göra för att sätta in värden i koordinatsystemet och flera mellanrum uppmärksammas i och med detta (rad 66, 67).

Efter att eleverna har fått fram grafen avslutas laborationen ganska abrupt. Eleverna plockar snabbt ihop utrustningen samtidigt som läraren pratar med några i klassen om vad som har hänt under laborationen.

72 L: nu vill jag att ni tänker efter lite...vad har ni fått?
73 E1: kanske är det att mindre massa ger lägre acceleration....

Kommentaren, *kanske är det att mindre massa ger lägre acceleration*....(rad 73) visar att eleven inte använder begreppet massa korrekt. Läraren avslutar med att säga till eleverna att har varit duktiga och att de inte ska vara ledsna för att de inte har förstått allt. Läraren säger slutligen att laborationen kommer att följas upp under nästa lektionstillfälle.

Sammanfattning

De två laborationerna uppvisade likheter då eleverna enbart pratade om saker som kan anses vara väsentliga för respektive laboration. De av läraren introducerade närliggande syftena var också mål-i-sikte för eleverna. Dock fanns det skillnader mellan laborationerna i avseende på antalet närliggande syften, i laboration 2 behövde eleverna genomföra fler saker för att samla data och fler syften var därför synliga. Det var även skillnader mellan laborationerna med avseende antalet uppmärksammade mellanrum och graden av kontinuitet. Laboration 1 innehöll få närliggande syften och det uppkom heller inte från verksamheten några ytterligare syften. Vidare, begrepp relevanta för laborationen stod fast vilket visar att eleverna har tidigare erfarenheter av dessa, det vill säga det de gör under denna laboration har kontinuitet bakåt. I laboration 1 blir det närliggande syftet ett mål – i – sikte som hjälper eleverna mot det övergripande syftet. Detta blev synligt genom de urskiljningar och distinktioner eleverna gjorde och genom den relation eleverna etablerade mellan ädel och *koppar*.

I laboration 2 uppkom det ytterligare syften som inte var introducerade, och förmodligen inte heller var förväntade, av läraren. Dessa utgjorde även mål-i-sikte för eleverna men resulterade inte i en tydlig rörelse mot det övergripande syftet att få en förståelse av Newtons andra lag. I laboration 2 behövde eleverna således genomföra fler saker för att samla den data som krävdes för att kunna utreda ett samband. Om eleverna haft mer tid för att diskutera och förhålla sig till den graf de förväntades producera är det möjligt att sambandet mellan acceleration, kraft och massa hade utretts. I denna laboration uppmärksammades också en mängd mellanrum som behövde fyllas för att eleverna skulle kunna ta sig vidare. Till exempel; för att konstruera en graf behöver eleverna förstå hur miniräknaren fungerar, för att få fram data till grafen måste de urskilja hur de ska variera massan, vilka enheter de ska använda, hur många decimaler mätvärdena ska anges i, hur man löser ut a. Dessa exempel handlar om elevernas tidigare erfarenheter i förhållande till vad de förväntades utföra, både med avseende på användandet av en begreppsapparat och mer praktiska saker som att till exempel hantera en miniräknare. Detta antyder att inte enbart tidsaspekten kan förklara svårigheten att närma sig det övergripande syftet, utan av betydelse är också vilka möjligheter eleverna hade att göra begrepp och handlingsalternativ kontinuerliga.

Diskussion

I denna artikel har vi undersökt hur elever handlar i relation till de mål och syften som den laborativa aktiviteten strävar mot. Tidigare forskning har visat att laborationens mål, hur de klargörs av läraren och sedan realiseras i handling, är betydelsefulla för hur laborationen genomförs av eleverna (Högström, et al., 2010). Elevernas förståelse av lärarens syfte med laborationen har också visats vara viktigt för deras möjligheter till lärande under aktiviteten (Hart, et al., 2000). Även om båda elevgrupperna i vår studie kunde handla målinriktat och i linje med respektive lärarens intentioner med laborationen, fanns det ändå skillnader mellan de två aktiviteterna som visar på faktorer betydelsefulla för elevernas möjligheter att nå laborationens övergripande syfte. Resultatet visade att dessa faktorer framförallt kan hänvisas till mängden närliggande syften, introducerade av läraren och uppkomna på grund av tillfälligheter, och dessa syftens koppling till elevernas tidigare erfarenheter. Detta diskuteras nedan.

Enligt Hofstein och Lunetta (2004) kan det finnas en rad olika motiv till varför en lärare väljer att låta eleverna genomföra en laboration, till exempel för att det ger dem en möjlighet att lära sig ett stoff eller att de genom aktiviteten kan öva en viss laborativ färdighet. Även om eleverna i denna studie fick möjlighet att öva på att observera och samla data, var denna typ av mål inte uttalade av läraren. Målet för båda laborationerna var istället att eleverna skulle introduceras till, alternativt lära sig, centrala begrepp och fenomen. I den ena laborationen kunde vi också se, även om detta inte var fokus för studien, hur elevernas förståelse successivt förändrades. Denna del av vår data stödjer därmed studier som visat att laborationer kan gynna elevers lärande (se t.ex. Högström, et al., 2010). Resultatet visade att det fanns en tydlig koppling bakåt till tidigare erfarenheter i laboration 1, syn-

lig genom de urskiljningar eleverna gjorde och genom de begrepp de använde. Eleverna uppvisade, i just denna specifika situation, en förståelse av vad som är relevant och tidigare erfarenheter blev också kontinuerliga med laborationens övergripande syfte. I laboration 2 var en sådan progression inte lika tydlig. Samtidigt som det fanns en samstämmighet hos elever och läraren gällande vad målet för laborationen var och vad de behövde göra, hade eleverna små förutsättningar att nå detta mål. Resultatet visade att vissa begrepp och handlingsalternativ stod fast medan andra var mer oklara, som till exempel det för uppgiften viktiga begreppet kraft eller hur man plottar en graf. Elevernas arbete med detta hade inte sitt direkta ursprung från laborationen utan initierades ofta på grund av tillfälligheter under aktiviteten. Oförutsedda enskildheter har visats ha betydelse för vilken riktning elevers resonemang tar i laborativa sammanhang och under en laboration lär sig därför eleverna också en rad saker som inte är medvetet planerade för, till exempel mätnoggrannhet eller praktiska färdigheter (Hamza & Wickman, 2009). Ett exempel på detta från vårt material var när eleverna med hjälp av miniräknaren försökte plotta en graf. Arbetet med att plotta en graf, som tog ett relativt stort utrymme av laborationen, var inte ett uttalat närliggande syfte och därför förmodligen inte heller någonting som förväntades ta tid från utredandet av sambandet. Andra exempel är att förstå hur laborationsutrustningen fungerar, om SI-enheter ska tillämpas och hur olika räkneoperationer ska utföras. Även om tillfälligheter som dessa bör förstås som centrala och naturliga delar i lärprocessen (Hamza & Wickman, 2008) utgjorde de en perifer del i aktiviteten att utreda och förstå sambandet. Elevernas göranden under laborationen berörde därför i liten utsträckning begreppen massa, kraft och acceleration samt relationen mellan dem. Sammantaget innebar detta att eleverna saknade reella möjligheter att göra det övergripande syftet med aktiviteten kontinuerligt med alla dessa närliggande syften.

Studier har visat att elever som arbetar laborativt kan ha svårt att urskilja vad som är viktigt och relevant i den specifika situationen (Högström, et al., 2010; Säljö & Bergqvist, 1997). Eleverna behöver då hjälp av läraren, som vet vilken relation begreppet eller handlingsalternativet har till de mål aktiviteten syftar mot, att göra dessa urskiljningar (Lidar, Lundqvist & Östman, 2006; Wickman, 2006). Det vill säga: läraren hjälper eleverna att göra de närliggande syftena kontinuerliga med det övergripande syftet. I vårt material var denna typ av lärare – elev interaktion sällan förekommande, ett av få exempel var dock då läraren urskilde för eleverna i laboration 1 ett lämpligt agerande i form av att läsa i läroboken om spänningsserien. I detta fall hjälpte distinktionen också eleverna att ta sig vidare. Ett annat exempel var när läraren i laboration 2 benämnde gruppens värden som *bra* och föreslog att de ska ta bort en vikt när de gör om försöket. Eleverna, som inte visste vilken relation deras värden har till de mål aktiviteten syftar mot, var dock mycket osäkra på hur de skulle gå tillväga och det är tveksamt om de förstod varför deras värden var bra. I Säljö och Bergqvists (1997) klassiska studie på den optiska bänken ges flera exempel på när lärarens distinktioner inte uppfattas av eleverna. Eleverna i deras studie uttrycker också irritation över att de inte vet vad de ska göra då de inte förstår syftet med laborationen (Säljö & Bergqvist, 1997). Liknande utsagor fanns inte i vårt material utan eleverna jobbade självständigt och målinriktat och endast i undantagsfall efterfrågade de hjälp av läraren. Vidare uttryckte de sällan explicita negativa omdömen om laborationen och de verkade inte heller ogilla att vara del i aktiviteten. Samtidigt som de alltså arbetade målinriktat och i enlighet med lärarens intentioner hade de, precis som eleverna i Säljös och Bergqvists (1997) studie; få möjligheter att nå laborationens övergripande syfte. Vi kan bara spekulera kring vilken betydelse detta kan ha för elevers erfarenheter av naturvetenskap, men det är rimligt att anta att en verksamhet som kännetecknas av att det som ska genomföras sällan eller aldrig blir kontinuerligt kommer att upplevas som fragmentarisk och kanske även exkluderande. Detta måste dock undersökas empiriskt och en intressant studie vore därför att närmare undersöka klassrumssituationer där läraren har en mer tydlig inverkan på de mål-i-sikten som uppkommer i aktiviteten. En sådan studie skulle generera kunskap om hur lärare och elever tillsammans gör explicita syften, men även tillfälliga enskildheter liknande de som nämnts ovan, kontinuerliga med lektionens övergripande syfte. Vidare, genom att följa en klass under en längre undervisningssekvens skulle det vara möjligt att se hur lärare aktivt arbetar för att elevernas och verksamhetens mer övergripande syften ska hänga samman.

Slutligen, våra egna erfarenheter som naturvetenskapslärare på grund- och gymnasienivå ger oss anledning att tro att laboration 2 är en vanlig typ av naturvetenskapslektion. Ur vårt lärarperspektiv kan eleverna förefalla vara delaktiga då de jobbar aktivt med den uppgift vi gett dem. En närmare analys visar dock att det under laborationen uppträder nya, oväntade saker som de behöver hjälp med att inordna och göra kontinuerliga med det aktiviteten syftar mot. Studien torde därför även vara intressant för verksamma lärare i och med att den visar på ett sätt att synliggöra vilka möjligheter och svårigheter elever har att nå de mål som formuleras i vår undervisning.

Referenser

Abrahams, I. (2009). Does Practical Work Really Motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International Journal of Science Education, 31*(17), 2335 - 2353.

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education, 30*(14), 1945-1969.

Anderhag, P., Emanuelsson, P., Wickman, P.-O., & Hamza, K. M. (2013). Students' Choice of Post-Compulsory Science: In search of schools that compensate for the socio-economic background of their students. *International Journal of Science Education, 35*(18), 3141-3160.

Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R., & Loughran, J. (1999). Helping students learn from laboratory work. *Australian Science Teachers Journal, 45*(1), 27-31.

Cerini, B., Murray, I., & Reiss, M. (2003). *Student review of the science curriculum*. London: Planet Science, Institute of Education and the Science Museum.

Hampden-Thompson, G., & Bennett, J. (2013). Science Teaching and Learning Activities and Students' Engagement in Science. *International Journal of Science Education, 35*(8), 1325-1343.

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, 92*(1), 141-164.

Hamza, K. M., & Wickman, P.-O. (2009). Beyond explanations: What else do students need to understand science? *Science Education, 93*(6), 1026-1049.

Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Teaching, 37*(7), 655-675.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education, 88*(1), 28-54.

Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2006). Lärares mål med laborativt arbete: Utveckla förståelse och intresse. *NorDiNa, 2*(5), 54-66.

Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Lab Work and Learning in Secondary School Chemistry: The Importance of Teacher and Student Interaction. *Research in Science Education, 40*(4), 505-523.

Jarman, R. (1993). 'Real experiments with Bunsen burners': pupils' perceptions of the similarities and differences between primary science and secondary science. *School Science Review, 74*(268), 19-29.

Jenkins, E. W., & Nelson, N. W. (Writer) (2005). Important but not for me: students´ attitudes towards secondary school science in England [Article], *Research in Science & Technological Education*: Routledge.

Johansson, A.-M., & Wickman, P.-O. (2011). A pragmatist understanding of learning progressions. In B. Hudson & M. A. Meyer (Eds.), *Beyond fragmentation: Didactics, learning and teaching* (pp. 47-59). Leverkusen: Barbara Budrich Publishers.

Kelly, G. J., McDonald, S., & Wickman, P.-O. (2012). Science learning and epistemology. In K. Tobin, B. J. Fraser & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 281-291). Dordrecht: Springer Netherlands.

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, 90*(1), 148-163.

Lindahl, B. (2003). *Lust att lära naturvetenskap och teknik? En longitudinell studie om vägen till gymnasiet [Pupils' responses to school science and technology? A longitudinal study of pathways to upper secondary school].* University of Gothenburg. Faculty of Education, Göteborg : Acta Universitatis Gothoburgensis.

Lunetta, V., Hofstein, A., & Clough, M. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and Practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 392-441). Mahwah, NJ, US: Lawrence Earlbaum Associates inc.

Millar, R. (2004). *The role of practical work in the teaching and learning of science*. Paper presented at the Paper prepared for the meeting High school science laboratories: Role and vision. Washington, DC:National Academy of Sciences.

Osborne, J., & Collins, S. (2000). *Pupils' and parents' views of the school science curriculum*. London: Kings College London.

Patel, R., & Davidson, B. (2003). *Forskningsmetodikens grunder* Lund: Studentlitteratur.

Schreiner, C. (2006). *Exploring a ROSE-garden: Norwegian youth's orientations towards science -seen as signs of late modern identities*., University of Oslo, Oslo.

Säljö, R., & Bergqvist, K. (1997). Seeing the light: Discourse and practice in the optics lab. In L. B. Resnick, R. Säljö, C. Pontecorvo & B. Burge (Eds.), *Discourse, tools, and reasoning: essays on situated cognition* (pp. 385-405). Berlin: Springer.

Taconis, R., & Kessels, U. (2009). How Choosing Science depends on Students' Individual Fit to ˜Science Culture˜. *International Journal of Science Education, 31*(8), 1115 - 1132.

Toplis, R. (2012). Students' Views About Secondary School Science Lessons: The Role of Practical Work. *Research in Science Education, 42*(3), 531-549.

Tytler, Osborne, J., Williams, G., Tytler, K., & Cripps Clark, J. (2008). Opening up pathways: Engagement in STEM across the Primary-Secondary school transition. Australian Department of Education, Employment and Workplace Relations, Brisbane.

Wellington, J. (2005). Practical work and the affective domain: What do we know, what would we ask, and what is worth exploring further? In s. Aslop (Ed.), *Beyond Cartesian dualism* (pp. 99-109). Dordrecht: Springer.

Wickman, P.-O. (2004). The practical epistemologies of the classroom: A study of laboratory work. *Science Education, 88*(3), 325-344.

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., & Östman, L. (2002). Learning as discourse change: A sociocultural mechanism. *Science Education, 86*, 601-623.