



Från begrepp till utforskande arbetssätt

- forskning om NO-undervisning
i grundskolans tidigare år

Britt Jakobson

Förord

Vad är forskning till för? Vem bestämmer forskningsfrågorna? Vem samlar in underlaget? Vilken utgångspunkt har forskningen? Vems intresse tjänar resultatet av forskningen?

Centrala frågor att ta ställning till när skolutveckling sätts in i ett forskningsperspektiv.

Forskningsbaserad utveckling av klassrumsundervisning bygger på att läraren granskar sin verksamhet med forskningsresultat som en teoretisk ram. Med hjälp av forskningen får läraren stöd i att se saker på ett annat sätt och möjlighet att få syn på företeelser hon/han annars inte skulle se.

Frågor om undervisningen kan få olika svar beroende på vilken teoretisk utgångspunkt som används för tolkning av verkligheten. Forskningsöversikten kan användas som en ”uppslagsbok” för att få kunskap om olika teoretiska utgångspunkter.

Forskningsöversikten kan också användas för att tillsammans med kollegor diskutera och fundera över de olika forskningsresultat i relation till den egna praktiken – vad får de för konsekvenser för arbetet i skolan?

Förhoppningen är att forskningsöversikten ska medverka till att lyfta forskningens betydelse i skolans utvecklingsarbete.

Forskningsöversikten är gjord av Britt Jakobson på uppdrag av Utbildningsförvaltningen i Stockholm. Britt disputerade 2008-10-03 i naturvetenskapsämnenas didaktik på Stockholms universitet. Hon har en bakgrund bland annat från ”lågstadiet” på Mariaskolan i Stockholm.

Stockholm i november 2009

Bengt Nilsson

Ordförande, Styrgruppen för NO/teknik

Leena Arvanitis

Expertlärare i NO/teknik

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	6
1. Inledning	8
1.1. Syfte	8
1.2. Bakgrund.....	8
2. Varför ska barn och ungdomar lära sig naturvetenskap?	9
2.1. Naturvetenskapens väsen – Nature of Science	10
2.2. Naturvetenskapliga processer – Scientific Inquiry	11
3. Teoretiska perspektiv	12
3.1. Konstruktivism	13
3.1.1. Begreppsförståelse	13
3.1.2. Kritik mot konstruktivismen	14
3.2. Kunskap som en social konstruktion	15
3.3. Sociokulturellt perspektiv.....	15
3.3.1. Artefakter	16
3.3.2. Den proximala utvecklingszonen.....	16
3.4. Pragmatism.....	16
3.4.1. Erfarenhet och kontinuitet.....	17
3.5. Fenomenografi.....	17
3.5.1. Variationsteorin.....	18
4. Aspekter av betydelse för lärande och undervisning i NO-ämnena	18
4.1. Språkets betydelse	18
4.1.1. Språkbruk	18
4.1.2. Metaforer	19
4.1.3. Språkutveckling	19
4.2. Estetik och naturvetenskap.....	20
4.2.1. Estetiska värdeomdömen.....	21
4.2.2. Estetiska verksamheter	21
4.3. Etik och naturvetenskap	22
5. Forskning om undervisning och lärande i NO-ämnena	23
5.1. Begreppsförståelse	23
5.2. Interaktion och kommunikation.....	24
5.3. Erfarenhet och kontinuitet.....	25
5.4. Samarbete mellan lärare och forskare	26
5.4.1. Learning studies	26
5.4.2. Space-projektet	27

5.5. Framtida forskning.....	28
6. Att undervisa i NO-ämnena i grundskolans tidigare år	28
6.1. Produktiva frågor.....	30
6.2. Frihetsgrader	31
6.3. Praktiska epistemologier	32
6.4. Pedagogisk dokumentation	32
6.5. Summativ och formativ bedömning.....	33
6.6. Datorer i NO-undervisningen	34
Referenser	35

Sammanfattning

Vilket innehåll ska vi välja när vi undervisar yngre barn? Varför just detta innehåll? På vilka sätt ska undervisningen ske? Svaren på sådana frågor beror på vilket teoretiskt perspektiv vi har som utgångspunkt. Oavsett perspektiv betonas vikten av elevers aktiva deltagande och att undervisningen utgår från elevers erfarenheter och vardagsförståelse. Konstruktivister och forskare inom den fenomenografiska genren ser lärande som individuellt konstruerat med begreppsförståelse i fokus. Deras syn på lärande har länge varit tongivande. Företrädare för pragmatism, social konstruktivism och sociokulturella perspektiv menar att lärandet är socialt. Det är i möten med andra och vår omgivning som vi lär. Samtalet och situationen är viktiga för vad elever lär sig. Där synliggörs etiska och estetiska värden i meningsskapandet.

Skolans naturorienterande ämnen har två övergripande syften: att utbilda framtida naturvetare och att allmänbilda befolkningen. I första fallet fokuseras på förståelse av naturvetenskapliga begrepp och på att lära sig göra naturvetenskapliga undersökningar. I andra fallet poängteras naturvetenskapens relation till samhällsfrågor där fakta såväl som moraliska och estetiska värden är involverade.

Kursplanen för grundskolan är framför allt inriktad mot NO-ämnenas allmänbildande karaktär. Undervisningen ska syfta till att eleverna kan använda sina NO-kunskaper i argumentation och ställningstaganden. De ska klara av vardagslivet och förstå att naturvetenskap är en del av vårt kulturarv. I praktiken överlappar de två övergripande syften med skolans NO-undervisning varandra. Att lära om naturvetenskap är en del av en naturvetenskaplig allmänbildning som fördjupas av att eleverna får lära sig hur forskarna arbetar. När elever utforskar sin omvärld genom att t.ex. göra förutsägelser, observera, experimentera och diskutera kan läraren dra paralleller till hur man arbetar inom naturvetenskaplig forskning och hur kunskap från forskningen används i samhället.

Ju tidigare barn får möjlighet att lära sig NO desto större är möjligheterna att skapa ett intresse för naturvetenskaperna. Internationella undersökningar som TIMSS, PISA och ROSE pekar på att intresset för och positiva attityder gentemot NO-ämnena avtar med stigande ålder. Undersökningarna visar också på skillnader i pojkers och flickors intresse för NO-ämnena.

Forskning om lärande och undervisning i NO-ämnena har framför allt handlat om elevers begreppsförståelse och attityder till ämnena. Forskare har utarbetat olika lektionssekvenser för att utmana och möjliggöra en begreppsförändring. Studier har visat att elevers föreställningar är djupt rotade och svåra att förändra. Det är viktigt att läraren tar reda på elevers tankar kring de begrepp och fenomen som de ska lära sig innan undervisningen startas.

Att förstå sammanhanget är av betydelse för lärandet. Kommunikation och samspel mellan människor är viktigt för vad barn lär sig. Att lära sig naturvetenskap handlar om att bli socialiserad i den specifika genren och att kunna urskilja den. Språket har en central roll i den socialiseringsprocessen. Flera forskare menar att NO-ämnena dessutom har en positiv inverkan på elevers språkutveckling. Att lära sig NO innebär inte bara att förstå naturvetenskapliga begrepp, utan att t.ex. kunna klassificera, sortera och beskriva. Yngre barn har ännu inte tillgång till det språk som hör till NO-ämnena. Forskning har visat att de i stället ofta använder metaforer när de samtalar i NO-klassrummet. De metaforer barn använder är förknippade med deras tidigare erfarenheter.

Detsamma gäller de estetiska värdeomdömen (fult/vackert, angenämt/oangenämt) som barn använder när de pratar NO i klassrummet. Den forskning som gjorts kring barns estetiska upplevelser visar att estetiken har betydelse för den riktning lärandet tar. Forskarna menar att

det är nödvändigt att använda flera olika representationsformer i NO-undervisningen, t.ex. bild, språk och praktiskt arbete. Varje representationsform både begränsar och främjar vad elever kan lära sig.

Ämnesinnehållet och lärandeprocessen går hand i hand. Forskare poängterar att processen, vägen till resultatet, är av betydelse när yngre barn lär sig NO. Man brukar då tala om "det naturvetenskapliga arbetssättet". Rosalind Driver, en engelsk forskare, varnade redan 1983 för en övertro på experimentets roll i undervisningen. Hon poängterade att "hands-on science" måste kombineras med "minds-on science", dvs. elever måste ges tillfälle till eftertanke och reflektion. I stället för att tala om "det naturvetenskapliga arbetssättet" används ofta begreppet ett "utforskande arbetssätt" när det gäller yngre barn. Det betonar tydligare det pedagogiska värdet av praktiskt arbete i klassrummet och ger inte lika direkt associationer till vad naturvetenskaplig forskning kan tänkas innebära. Ett utforskande arbetssätt innebär ett *reflekterat* lärande som sätts in i ett *sammanhang*.

1. Inledning

1.1. Syfte

Undervisning och lärande i NO-ämnena är komplext. Det som hitintills har skiljt undervisningen i NO från många andra ämnen är att den har varit inriktad på fakta och begreppsförståelse och att det innehåll som undervisningen syftar till att elever ska lära sig inte har varit insatt i ett större sammanhang. NO utgörs inte bara av fakta utan också av samhällets och individers etiska och estetiska värderingar. Det är viktigt att lyfta fram dessa aspekter i undervisningen. Förhoppningsvis kan det bidra till att fler elever väljer att fortsätta sin bana inom denna genre.

Syftet med denna skrift är att synliggöra den NO-didaktiska forskningen och de resultat som den har lett fram till – framför allt vad gäller undervisning och lärande för de yngre skolbarnen. Syftet är också att delvis avhjälpa det dilemma som lärande- och undervisningsforskning har – hur för man ut forskningsresultat till verksamma lärare? Det tredje syftet är att inspirera till gemensamt utvecklingsarbete – FOU-arbeten där lärare själva och ibland tillsammans med forskare arbetar för att utveckla undervisning och lärande.

Skriften är indelad i olika avsnitt och kan användas som en ”uppslagsbok” för lärare och som en inspirationskälla till att sätta sig in i det NO-didaktiska fältet. Den kan också inspirera till utvecklingsarbete på den egna skolan, till möten med föräldrar, kollegor och skolledning kring frågor om undervisningens utformning.

Även om varje undervisningssituation är unik så kan lärare dra nytta av den forskning som gjorts och modifiera anslaget i sin egen verksamhet. Forskning kan bidra till att lärare kan få syn på olika aspekter på lärande och undervisning som annars kanske är fördolda, men finns intuitivt hos lärare. Att sätta ord på och samtala kring det man vet och undrar över är viktigt för både lärare och elever.

1.2. Bakgrund

De naturvetenskapliga ämnena – biologi, fysik och kemi – infördes i den svenska läroplanen först 1994 för de tidigare skolåren. För att särskilja *undervisningen* i ämnena från naturvetenskaperna används i fortsättningen begreppet ”naturorienterande ämnen” eller ”NO-ämnen”. Det innebär att det inte finns någon tradition att undervisa i ämnena i de tidigare skolåren. Många lärare upplever att de inte har tillräcklig ämneskunskap och att de saknar ämnesdidaktisk kunskap (Anderhag & Wickman, 2006; Andersson m.fl. 2005; Schoultz & Hultman, 2002). Det har dock visat sig att ju tidigare barn får möjlighet att lära sig NO desto större är chansen att påverka deras förförståelse och att skapa ett intresse för naturvetenskaperna (Harlen, 1996b). Osborne m.fl. (2003) och Lindahl (2003) menar att positiva upplevelser av NO-ämnena i de yngre åren har en bestående inverkan på det framtida intresset för ämnena. Det är alltså viktigt att ta till vara barns upptäckarglädje och nyfikenhet. Detta är av särskilt intresse eftersom internationella undersökningar som *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS), *Programme for International Student Assessment* (PISA) och ”*the Relevance of Science Education*” (ROSE) pekar på att intresset för och positiva attityder gentemot NO-ämnena avtar med stigande ålder (ROSE, 2008; Skolverket, 2005, 2008). Det är också skillnad mellan pojkars och flickors intresse för NO-ämnena. Flickor intresserar i hög grad sig för områden som har att göra med t.ex. kropp och hälsa, praktisk användning av naturvetenskaplig kunskap i vardagslivet samt etiska och

estetiska sidor av ämnena. Pojkar intresserar sig i högre utsträckning för teknologi, modern kommunikation och rymdfärder (Sjøberg, 2000). Skillnader mellan flickors och pojkars intressen kan också ses som en fråga om identitetsskapande som inte bara har att göra med kön, utan också med etnicitet, språk och social tillhörighet (Brickhouse m.fl., 2000; Brickhouse & Potter, 2001). Identitetsskapande är en individuell process men också socialt situerad och alltså beroende på vår omvärld (Brickhouse, 2001). Om elever ska lära sig NO måste de utveckla identiteter som är förenliga med ämnenas identitet (Brickhouse m.fl., 2000).

Den forskning som har bedrivits inom lärande och undervisning i NO-ämnena har framför allt handlat om elevers begreppsförståelse och attityder till ämnena. Nödvändigheten av att ta reda på elevers förförståelse och deras vardagsföreställningar har stått i fokus och forskare har utarbetat olika lektionssekvenser för att utmana och möjliggöra en begreppsförändring. Ett bevis för elevernas lärande är då att de kan använda rätta naturvetenskapliga begreppen i olika situationer (Jorde, 2007). Senare forskning har bl.a. påvisat språkets, situationens och interaktionens betydelse för lärandet. Flera källor som bedrivit forskning kring elevers attityder indikerar att elevers intresse för NO-ämnena är svalt och att de t.o.m. aktivt tar avstånd från dessa ämnen. Alltför många elever upplever ämnena som faktaspäckade, av liten relevans för dem och svårare än andra skolämnena. Sådana upplevelser leder till att elever väljer att studera andra ämnen när de går vidare till universitet och högskolor. Dessutom uppfattar elever att NO-ämnena inte har någon social betydelse (Linder m.fl., 2007).

2. Varför ska barn och ungdomar lära sig naturvetenskap?

Det finns två övergripande syften för skolans naturvetenskapliga och naturorienterande ämnen: dels att utbilda framtida naturvetare, dels att allmänbilda befolkningen. I det första fallet, förberedelse för naturvetenskap, fokuseras på förståelse av naturvetenskapliga begrepp och att lära sig att göra naturvetenskapliga undersökningar. I det andra fallet, lära om naturvetenskap, poängteras naturvetenskapens relation till områden som berör samhällsfrågor, t.ex. ekonomi, teknik och miljö, där epistemologiska (kunskapsteoretiska) såväl som moraliska och estetiska värden är involverade (Roberts, 2007). I sådana sammanhang behövs kunskap för att man som privatperson ska kunna ta ställning och bedöma uttalanden som görs i den offentliga debatten. Flera forskare menar att naturvetenskaplig allmänbildning, förutom innehåll och värden, också innefattar känslomässiga, sociala, politiska, historiska och ekonomiska dimensioner samt kulturella aspekter (Linder m.fl., 2007). Om elever dessutom får möjlighet att kritiskt granska naturvetenskapliga rön och sätta in dem i ett sammanhang kan det leda till ett mer demokratiskt samhälle och en social samstämmighet (Martins, 2007). Att lära om naturvetenskap innebär också att lära om naturvetenskapens väsen (nature of science), dvs. vad som kännetecknar en naturvetenskaplig verksamhet, och dess processer (scientific inquiry), dvs. hur man når fram till kunskap (Lederman, 2007; Lederman & Lederman, 2006). ”Scientific literacy” (naturvetenskaplig allmänbildning) är ett begrepp som i allt större utsträckning används för att beskriva de övergripande målen med NO-ämnena – förberedelse för naturvetenskap och lära om naturvetenskap (Roberts, 2007). Kursplanen för grundskolan (Skolverket, 2000) är framför allt inriktad mot NO-ämnenas allmänbildande karaktär. NO-undervisningen syftar till att eleverna ska kunna använda sina NO-kunskaper i argumentation och ställningstaganden i olika sammanhang, t.ex. vad gäller hälso- och miljöfrågor, för att praktiskt klara av vardagslivet och förstå att naturvetenskap är en del av vårt kulturarv.

2.1. Naturvetenskapens väsen – Nature of Science

Att lära om ”naturvetenskapens väsen” har förespråkats som ett viktigt mål i undervisningen i ungefär 100 år och ses ofta som en betydande del av naturvetenskaplig allmänbildning (Lederman, 2007). Att lära sig naturvetenskapens väsen innebär att lära *om* naturvetenskap i motsats till att lära sig naturvetenskapliga fenomen och begrepp (Driver m.fl., 1996). Elevers uppfattningar om syftet med naturvetenskapligt arbete, vad naturvetenskaplig kunskap består av och förståelse av att naturvetenskap är en social verksamhet har betydelse för vad de lär sig. Både yngre och äldre elever har ofta en stereotyp uppfattning om forskare. Teckningar gjorda av barn och ungdomar visar ofta forskaren i en laboratoriemiljö försedd med kemisk utrustning. Den här bilden av forskare härstammar möjligen från tecknade serier som Professor Kalkyl i Tintin-serien och TV-program som professor Balthazar. I samtliga fall framställs forskaren som en tankspridd och verklighetsfrämmande man som sysslar med farliga experiment totalt ovetande om konsekvenserna för världen utanför. Som en motpol verkar t.ex. naturprogram på TV som visar vackra naturbilder och förmedlar att vi ska värna om naturen och visa omsorg om den. Förmodligen är det sådana ”bilder” av forskare som gör att elever har en mer positiv bild av biologer än av fysiker och kemister (Sjøberg, 2000).

Driver m.fl. (1996) menar att kunskap om naturvetenskapens väsen är en del av naturvetenskaplig allmänbildning (scientific literacy) och är av vikt när den enskilde individen ska ta ställning till samhällsfrågor som är relaterade till naturvetenskapliga rön – ofta med etiska inslag – men också för att förstå vardagsfenomen. Dessutom har Driver m.fl. (1996) empiriskt visat att när ungdomar får kunskap om naturvetenskapens väsen så har de också lättare att lära sig naturvetenskap och förstå hur en forskningsprocess går till. Lederman (2007) lyfter fram ett antal punkter som illustrerar vad lärandet av naturvetenskapens väsen kan innebära. Elever ska förstå att:

- det är en skillnad mellan observation och slutsats
- det är en skillnad mellan naturvetenskapliga lagar och teorier
- naturvetenskaplig kunskap involverar mänsklig fantasi och kreativitet
- naturvetenskaplig kunskap är subjektiv
- naturvetenskap praktiseras i ett kulturellt sammanhang och att forskarna är en produkt av den kulturen
- naturvetenskaplig kunskap aldrig är absolut eller säker, utan provisorisk och föremål för förändringar

Det som menas med att naturvetenskaplig kunskap är subjektiv är att forskares teoretiska förpliktelser, övertygelser, tidigare kunskap, utbildning, erfarenheter och förväntningar påverkar deras arbete. Dessa bakgrundsfaktorer inverkar på vilket problem forskaren tar sig an, hur han/hon utför undersökningar, vad han/hon observerar (och inte observerar) och hur han/hon tolkar vad de observerar. På så vis är forskning alltid subjektiv. Dessutom utgår forskning sällan från observationer utan från en problemställning som härrör från speciella teoretiska perspektiv (Lederman, 2007). Enligt Lederman (2007) visar forskning att lärare och elever inte har adekvat kunskap om naturvetenskapens väsen och att lärare inte likställer undervisning om naturvetenskapens väsen med annat ämnesinnehåll. Om elever ska lära sig om naturvetenskapens väsen så räcker det inte att de observerar och experimenterar i NO-klassrummet utan lärare måste tydliggöra vad det innebär.

Begreppet ”naturvetenskapens väsen” sammanflätas ofta med termen ”naturvetenskapliga processer” (scientific inquiry), men enligt Lederman m.fl. (2002) finns det en skillnad: processerna innefattar att samla in material och tolka det samt att dra slutsatser utifrån resultatet; naturvetenskapens väsen handlar om de värden (etiska och estetiska) och de epistemologiska (kunskapsteoretiska) antaganden om vad som är sant och falskt som ligger till grund för processerna. I undervisning överlappar dessa båda aspekter varandra och beroende på elevernas bakgrund och ålder kan lärare på olika sätt framhäva lämpliga delar.

2.2. Naturvetenskapliga processer – Scientific Inquiry

I USA har National Research Council tagit fram riktlinjer för vad undervisning om naturvetenskapliga processer – ett utforskande arbetssätt – ska innehålla (Lederman & Lederman, 2006). Förutom att elever ska kunna genomföra olika typer av undersökningar har de också listat vad som främjar elevers förståelse av vad naturvetenskapliga processer innebär:

- att ha kunskap om olika undersökningsmetoder (det finns inte en enda “naturvetenskaplig metod”),
- att förstå varför en undersökning görs, den metod som används och tolkningen av resultatet (nutida kunskap och föreskrifter vägleder undersökningar),
- att förstå att naturvetenskapliga undersökningar baseras på antaganden,
- att veta att det insamlade materialet samt analysen har begränsningar i förhållande till forskningsfrågan,
- att kunna analysera alternativa förklaringar och modeller,
- att förstå anledningen till varför man använder olika variabler i experiment,
- att förstå skillnaden mellan data och bevis,
- att förstå förhållandet mellan bevis, förklaring och logiskt överensstämmande argument (baserat på historisk och nutida naturvetenskaplig kunskap)
- att förstå kommunikationens roll i utvecklingen och acceptansen av naturvetenskaplig information (a.a., s. 2-3, översättning från engelska)

O’Neill och Polman (2004) påpekar att elevers brist på förståelse av den naturvetenskapliga praktiken, dvs. hur naturvetenskaplig forskning utförs och varför, är värre än deras brist på begreppsförståelse eftersom hur kunskap konstrueras och hävdas är av stor vikt för hur vetenskapen mottas i samhället. Författarna föreslår att innehållet i undervisningen i naturvetenskap ska minskas för att i stället bidra till att elever får en djupare förståelse för hur naturvetenskaplig kunskap och naturvetenskapliga teorier skapas. De menar att detta skulle vara fördelaktigt för elever när de fattar beslut utanför skolan, i vardagen, och också för de elever som vill fortsätta sina studier i naturvetenskap efter gymnasiet. Att lära om naturvetenskapliga processer kan alltså medföra att elever får en djupare förståelse av hur forskningen framskrider. Naturvetenskaplig forskning är inte en rationell verksamhet, utan inbegriper osäkerhet, slöseri med ansträngningar och kritiska möten med kollegor. Den tid som forskare använder för att hämta empiri är inte alltid optimal. Mycket av en forskares tid

går till att delta i konferenser, leta i bibliotek, skriva artiklar och undervisa. Vad en forskare gör överensstämmer alltså inte med den syn som många elever har.

O'Neill och Polman (2004) hävdar att elever måste få en möjlighet att formulera forskningsfrågor som är möjliga att studera empiriskt, relatera dem till tidigare forskning och kunna göra generaliseringar och förstå vikten av konsensus och motsägande resultat. De menar att projektbaserad undervisning kan utgöra ett sätt att ge elever denna möjlighet. De ger som exempel en lärare som i stället för att undervisa i särskilda ämnen, gav elever möjlighet att själva välja ämne, forskningsfråga, hur de skulle samla in material och vilket material som var intressant i förhållande till frågeställningen. Det som stod eleverna till buds var bl.a. möjligheten att via e-mail ta kontakt med forskare som frivilligt ställde upp på att vara mentorer för eleverna. Det visade sig att eleverna blev mer förtrogna med hur forskare arbetar, vilket bidrog till att de lärde sig att forskning inte är okomplicerad och rationell, utan att den tar sig olika uttryck och vindlar fram. Detta står i motsats till hur undervisning i de naturvetenskapliga ämnena oftast tar sig uttryck, dvs. att följa ett givet mönster med mycket liten frihetsgrad, vilket innebär att elever inte lär sig att göra noggranna observationer, ställa hypoteser, planera undersökningar och analysera och tolka data (Trumbull m.fl., 2005).

Det krävs att lärare uttryckligen undervisar om de "naturvetenskapliga processerna" för att elever ska lära sig hur naturvetenskaplig forskning kan gå till. Det räcker inte att elever experimenterar och observerar i NO-klassrummet, utan de olika processerna måste göras synliga för dem (Lederman & Lederman, 2006). I NO-undervisningen för de yngre skolbarnen kan läraren tillsammans med barnen diskutera de metoder som använts i klassen vid olika tillfällen, t.ex. observation och experiment, och dra paralleller till hur forskare arbetar för att visa att det inte finns en enda naturvetenskaplig metod. På samma sätt kan man i klassen diskutera varför det ibland är viktigt att använda olika variabler i experiment (jfr. 6). Lärare kan också poängtera vikten av att samtala med kamraterna under NO-aktiviteter. Diskussioner kan leda till nya upptäckter i NO-klassrummet liksom i naturvetenskaplig forskning och lärare kan framhäva att kommunikation – tala, läsa och skriva – utgör en stor del av en forskares vardag. Dessutom kan lärare visa på att vad som är "sant" inom naturvetenskaperna inte är statiskt, utan utvecklas i och med att forskare gör nya rön. Ett exempel är att man tidigare menade att jorden var i centrum i vårt solsystem, vilket senare forskning kullkastade. I NO-undervisningen får barn också ställa hypoteser och göra förutsägelser (jfr. 6.1) och lärare kan här lyfta fram att forskare utgår från antaganden som de sedan på olika sätt prövar för att nå fram till ny kunskap.

3. Teoretiska perspektiv

Didaktik är en relativt ny universitetsdisciplin som infördes så sent som 2003 på Lärarhögskolan i Stockholm. Den kan inte ses som endast en fråga om metodik utan har många andra infallsvinklar där vetenskapshistoria och vetenskapsfilosofi är av betydelse. Didaktik svarar på frågor som gäller Vad? (innehåll), Varför? (varför detta innehåll), Hur? (på vilket sätt ska undervisningen ske) och Vem? (vem riktar sig undervisningen till). Svaren på frågorna är beroende av vilket teoretiskt perspektiv man intar. Samma empiriska material (intervjuer, diskussioner i klassrummet osv.) kan på så vis ge olika resultat. Didaktiken är indelad i allmän didaktik och ämnesdidaktik, t.ex. naturvetenskapernas didaktik, som är tydligt inriktad mot utbildningsfrågor.

Under de senaste decennierna har didaktisk forskning kring lärande och undervisning i de naturorienterande ämnena framför allt varit inriktad på begreppsförståelse (t.ex. Driver & Easley, 1978; Posner m.fl. 1982; Vosniadou, 1994). För att öka barns förståelse betonar flera forskare betydelsen av praktiskt arbete i form av observationer och experiment (t.ex. Andersson, 1989; Harlen, 1996b). Det har dock visat sig att experiment i sig under de senare skolåren inte alltid bidrar till elevers lärande, utan att eleverna i stället blir förvirrade eftersom de har svårt att knyta experimentet till något teoretisk innehåll. Det medför att eleverna lär sig att de inte förstår och att naturvetenskap är svårt (Säljö & Bergqvist, 1997; Lindahl, 2003). Det borde också vara tillämpligt vad gäller yngre barns lärande. Att endast experimentera utan att samtala och fundera kring resultatet leder inte lärandet vidare. Senare forskning har också påvisat språkets och sociokulturella aspekters betydelse för lärandet liksom den roll etiska och estetiska värden spelar (Sfard, 1998). Lärandet och undervisningen i naturvetenskap är alltså inte bara en fråga om att lära sig fakta utan är också beroende av elevers tidigare erfarenheter, språk, moraliska och estetiska värderingar och kontexten. NO-didaktiska forskare tar sin utgångspunkt i olika teorier och perspektiv.

Vetenskapsteoretiska utgångspunkter som används inom NO-didaktisk forskning är konstruktivism, social konstruktionism, sociokulturella perspektiv, fenomenografi och pragmatism. I det följande ges exempel på vad olika teorier och perspektiv betonar är av vikt för lärandet i NO-ämnena.

3.1. Konstruktivism

Forskning som utgår från konstruktivismen är framför allt inriktad på begreppsförståelse och under de senaste decennierna har en stor del av forskningen inom undervisning och lärande av NO-ämnena varit fokuserad på detta.

Konstruktivismen tar sin utgångspunkt i Piagets utvecklingspsykologiska metoder och teorier för att försöka förstå och analysera hur elever tänker och lär sig (Sjøberg, 2000). Frågan blir då "Hur tänker människor?" eller "Vad äger rum i huvudet på en människa?" En konstruktivist menar att lärandet är en levande och aktiv process och att människor konstruerar sina egna mentala modeller eller tankestrukturer, dvs. föreställningar om omvärlden. Dessutom menar man att människan av naturen är nyfiken och vetgirig (Andersson, 1989). När de förväntningar vi har stämmer överens med det vi observerar råder jämvikt. Denna jämvikt kan störas, dvs. en kognitiv konflikt uppstår när vi hamnar i situationer som vi inte förstår, och vi försöker på olika sätt att återställa jämvikten genom att t.ex. planera, observera, tänka och handla, vilket innebär att vi lär oss. Vad vi förstår och ser är alltså beroende av våra tankestrukturer – mentala modeller – och kunskap är därmed personlig. Att känna till elevers förförståelse eller föreställningar kring ett begrepp eller fenomen blir därför viktigt för att kunna störa jämvikten. Om det som är nytt är för svårt eller för lätt uteblir en kognitiv konflikt. Ausubel (1968) poängterar vikten av att utgå från elevers förförståelse (ett av de mest citerade uttalandena inom NO-didaktisk forskning):

If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly. (s. VI)

3.1.1. Begreppsförståelse

Konstruktivistisk forskning kring elevers begreppsförståelse har framför allt visat att elever ofta missförstår begrepp ("misconceptions"), har alternativa referensramar, dvs. vardagsföreställningar, att elevers förförståelse är av betydelse för vad de kan lära sig och att

lärandet handlar om begreppsförändring, s.k. "conceptual change" (Driver & Easley, 1978; Posner m.fl., 1982; Vosniadou, 1994). Missförstånd, eller "misconceptions", av innebörden av begrepp eller fenomen som elever kommer i kontakt med i skolan är inte djupt rotade i elevernas sätt att se på omvärlden (Vosniadou, 1994). Vad som är av intresse att påverka är i stället elevers förförståelse och vardagsföreställningar. Vardagsföreställningar är stabila, delas av stora grupper av elever och är svåra att påverka (Driver & Easley, 1978), liksom elevers förförståelse (Vosniadou, 1994; Harlen, 1996b). Genom att på olika sätt utmana elevers föreställningar finns det en möjlighet att förändra deras förklaringsmodeller (Vosniadou, 1994; Harlen, 1996b). För att elever ska ersätta en förklaring av ett fenomen eller begrepp med ett annat krävs att de är missnöjda med sin egen förklaring och att den nya är begriplig, nödvändig och förnuftig, dvs. att det uppstår en kognitiv konflikt (Posner m.fl., 1982). Om däremot en förklaring är användbar och fungerar i det sammanhang den används, så finns det ingen anledning för eleven att ersätta den även om den strider mot en naturvetenskaplig förklaring. Följden blir att det är viktigt att utmana elevers vardagsföreställningar och förförståelse för att möjliggöra en förändring av begreppsförståelsen.

Forskare har genom att intervjua elever och låta dem rita, tagit reda på deras förförståelse och vardagsföreställningar kring ett visst begrepp eller fenomen. Reiss och Tunnicliffe (2002) undersökte på det här sättet yngre barns tankar om människokroppen och Pilatus och Stavridous (2004) yngre barns idéer om elektricitet (jfr. 5.1). Ett annat alternativ är att använda s.k. begreppsteckningar ("concept cartoons") för att ta reda på och utmana elevers begreppsforståelse (Keogh & Naylor, 1996). Tecknade figurer gör utsagor som är baserade på forskning kring elevers föreställningar kring olika begrepp och fenomen. Dessa begreppsteckningar gör det möjligt att starta diskussioner och sedan undersökningar som utmanar elevers föreställningar.

Tillsammans med lärare har forskare också vid flera tillfällen, tagit reda på elevers föreställningar, arrangerat en undervisningssekvens och efter undervisningen återigen undersökt deras begreppsforståelse. Ett sådant projekt för de tidigare skolåren är SPACE-projektet ("Science Processes and Concepts Exploration") som pågick i England åren 1987–1993 under ledning av Paul Black, Jonathan Osborne och Wynne Harlen. Syftet var att förstå hur barns naturvetenskapliga begreppsforståelse utvecklas. Data från arton olika områden analyserades, t.ex. "Avdunstning och kondensation", "Ljud" och "Växtlighet". I projektet var barns och lärares frågor viktiga och öppna och personorienterade frågor visade sig ha en stor betydelse för barns lärande. Liknande projekt har genomförts under senare år och ett som pågår vid Leeds universitet är "Teaching and learning science in the primary classroom" under ledning av Hilary Asoko (2008). Syftet är att undersöka hur lärare kan stödja utvecklingen av barns, i åldrarna 7–11 år, begreppsforståelse och hur projektet kan ligga till grund för bl.a. fortbildning av lärare.

3.1.2 Kritik mot konstruktivismen

Flera forskare betonar att attityder, intresse och motivation är viktiga aspekter i lärandeprocessen och att lärande äger rum i en social kontext och inte endast är en fråga om kognitiva konflikter och "conceptual change" (t.ex. Andersson, 2002; Seimears, 2007; Sjøberg, 2000; Solomon, 1992). Solomon (1992) talar om lärandet som att operera i olika domäner, den naturvetenskapliga och den vardagliga ("life-world"). Skolans förklaringsmodeller existerar parallellt med förklaringar som fungerar i vardagen och det är viktigt att kunna identifiera och förflytta sig mellan dessa olika domäner för att kunna urskilja vad som är naturvetenskap och vad som inte är det. Emotionella och sociala faktorer och elevers uppfattning om lärandets natur, om sig själv, om skolsituationen m.m. har också en stor betydelse för vad elever lär sig. Lärandet har alltså en social dimension och Solomon (1992) betonar betydelsen av att ge elever möjlighet att reflektera över det naturvetenskapliga

innehållet som de ska lära sig och att par- och grupparbeten ger dem den möjligheten. På samma sätt menar Seimears (2007) att det ur ett socialkonstruktivistiskt perspektiv blir viktigt att fokusera på språk och samspel i grupp. Andersson (2002) hävdar att lärande konstrueras både individuellt och socialt. Lärande sker alltså i ett socialt sammanhang där språk och interaktion med andra har stor betydelse (Sjøberg, 2000). Eftersom naturvetenskaperna utgörs av teorier och begrepp som är socialt konstruerade är det av betydelse att elever får lära sig dessa i samspel med människor som använder sig av dem, t.ex. lärare i NO (Andersson, 2002). Ett sådant sätt att se på lärande närmar sig sociokulturella perspektiv, socialkonstruktionismen och pragmatiska teorier där interaktion och deltagande i praktiker ses som betydelsefulla för lärande. En skillnad är dock att en socialkonstruktivist liksom en konstruktivist fokuserar på den enskilde individens tillägnan av ämnesinnehåll och begreppsförståelse och inte på "lärandet som situationsbundet och en del av ett socialt och kulturellt sammanhang" (Elfström m.fl., 2008, s. 29). Följden blir att elevers tankar och idéer bedöms som "rätt" eller "fel" i förhållande till den naturvetenskapliga förklaringen.

3.2. Kunskap som en social konstruktion

Socialkonstruktionismen tar sin utgångspunkt i postmodernistiska teorier där kunskap ses som en social konstruktion och inte som en sann representation av världen (Dahlberg m.fl., 2006). Lärandet ses som en process i vilken vi alla "hela tiden konstruerar och omkonstruerar kunskap och begrepp" (Elfström m.fl., 2008, s. 31) i interaktion med andra. Den kunskap som konstrueras är därmed tillfällig och går att förhandla. I en socialkonstruktionistisk lärande- och undervisningsprocess är både lärare och barn medkonstruktörer som påverkas och förändras under processens gång (Elfström m.fl., 2008). Kunskapen finns därför i samspelet mellan människor och kommunikation är ett viktigt redskap när vi konstruerar vår bild av världen (Dahlberg m.fl., 2006). Social konstruktion är alltid kontextbunden och varierar alltså med den situation eller aktivitet som vi är involverade i. Till skillnad från konstruktivismen där elevers frågeställningar, tankar och idéer som anses fruktbara och närmar sig den naturvetenskapliga förklaringsmodellen tas upp i undervisningen, så nystar en social konstruktionist i vilken tråd som helst oavsett om den är direkt förenlig med naturvetenskapernas förklaringar eller inte. Dessa sidospår kan berika och utveckla elevers lärande och utgöra en utgångspunkt för det fortsatta lärandet och nya och oväntade frågeställningar kan väckas och utforskas. Genom att göra elevers tankar och idéer synliga och ta avstamp i dem i undervisningen, får eleverna möjlighet att pröva sina idéer både gentemot kamraters tankar och mot naturvetenskapernas förklaringar (Elfström m.fl., 2008).

3.3. Sociokulturellt perspektiv

Ett sociokulturellt perspektiv på tänkande och lärande utgår från bl.a. Vygotskijs teorier om hur barn lär sig. En vägledande fråga är "Hur kommunicerar man om ett fenomen i olika mänskliga verksamheter?" (Säljö & Wyndhamn, 2002, s. 25). Språket är alltså centralt och knutet till speciella situationer, vilket gör att det finns särskilda former av språk (diskurser eller genrer). I NO-klassrummet samtalar elever delvis på ett annat sätt än vad de gör hemma, på fritids eller under en historiektion. De olika diskurserna "utgör delar av kommunikativa praktiker som används för konkreta syften" (Säljö & Wyndhamn, 2002, s. 29). Lärande är på så sätt situerat, kontextuellt och beroende på kulturella, historiska och institutionella faktorer som konstituerar vårt språk och våra handlingar. Ett viktigt medel för lärande är språket, men också de fysiska artefakter (redskap) som används i undervisningen. Inom konstruktivismen

betonar man individen, men inom ett sociokulturellt perspektiv betonar man att lärandet är socialt och sker i interaktion med omgivningen.

3.3.1 Artefakter

I skolan möter elever ett språk som inte alltid är bekant för dem och detsamma gäller de artefakter som används i undervisningen. Om elever inte är bekanta med den artefakt som ska användas är det svårt för dem att använda den på ett ändamålsenligt sätt. Följaktligen så kan artefakterna både underlätta och försvåra elevers lärande (Säljö, 2005). Schoultz (2002) undersökte hur yngre skolbarn diskuterar om vissa grundläggande astronomiska begrepp och jämförde resultatet med resultatet från en studie utförd av Vosniadou (1994). En skillnad mellan de båda studierna var att Schoultz hade med sig en jordglob som stöd för samtalen, vilket visade sig vara av betydelse för hur barn resonerade kring olika begrepp, t.ex. gravitation. Barnen i Schoultz studie gav uttryck för avancerade föreställningar, medan barnen i Vosniadous undersökning framstod som mindre kompetenta. Schoultz (2002, jfr. 5.2) menar att de artefakter som används och det situerade samtalet är av vikt för hur barn resonerar och alltså för lärandet. Kress m.fl. (2001) diskuterar på ett liknande sätt. De menar att det finns ett behov av att använda olika representationsformer i NO-undervisningen – lingvistiska, visuella och olika former av agerande – eftersom varje representationsform både begränsar och ökar möjligheter till lärande. Olika representationsformer får alltså olika konsekvenser för elevers meningsskapande. Vidare pekar Kress m.fl. (2001) på att olika representationsformer samverkar och förekommer samtidigt. Med hjälp av t.ex. gester betonar vi och understryker det vi säger och den mening vi skapar träder fram i sammanflätningen av olika representationsformer.

3.3.2. Den proximala utvecklingszonen

I olika situationer i vardagslivet, i skolan och på arbetsplatsen måste vi få stöd och handledning för att kunna fortsätta med den aktivitet som vi är involverade i. ”Den proximala utvecklingszonen” eller ”zone of proximal development” (ZPD) är ett begrepp som används inom sociokulturella perspektiv för att beskriva lärande. Vygotsky (1978) definierade denna utvecklingszon som

’avståndet’ mellan vad en individ kan prestera ensam och utan stöd å ena sidan, och vad man kan prestera ”under en vuxens ledning eller i samarbete med mer kapabla kamrater” å den andra. (Säljö, 2000, s. 120)

I kommunikativa samspel mellan en mer kompetent person och en mindre kompetent får den senare en möjlighet att gå vidare i sitt lärande och delta i sin egen lärandeutveckling. Det är alltså individers potential som står i centrum och inte deras kompetens (Säljö, 2000; Schoultz, 2002). ZPD kan också ses som en zon i vilken t.ex. en elev är öppen för stöd och förklaringar från en mer kompetent person, t.ex. en lärare. I sådana situationer krävs en anpassning till de färdigheter och redskap som eleven redan behärskar för att lärandet ska utvecklas (Säljö, 2000). Från att ha varit obekant med de artefakter som används eller sakna färdigheter som behövs i en speciell praktik, kan eleven alltså med hjälp av stöd lära sig att använda artefakten på egen hand samt att själv behärska färdigheten (Säljö, 2000).

3.4. Pragmatism

Inom pragmatiskt orienterad filosofi ses kunskap och lärande som något som yttrar sig i handling (Dewey, 1934/1980; Wittgenstein, 1969/1992). Handling inbegriper då både språk och agerande. Ord får därmed mening först i användning (Wittgenstein 1953/1992) och värden och fakta samverkar när människor skapar mening och går vidare i handling (Dewey,

1934/1980; Wittgenstein, 1969/1992). Detta står i kontrast till konstruktivismen där värden – känslomässiga, estetiska och etiska – behandlas i termer av attityder och motivation. Allt fler forskare (t.ex. Säljö, 2000) betonar, liksom Dewey (1934/1980) och Wittgenstein (1969/1992), att hur vi uppfattar och förstår fakta är beroende av den situation vi befinner oss i och vilken sociokulturell bakgrund vi har. Genom interaktion med omvärlden och genom att delta i situerade aktiviteter lär vi oss (Dewey, 1938/1997). Lärande handlar om ”att vanor skapas och förändras på ett sätt som hjälper människor att ta sig vidare i olika aktiviteter” (Wickman & Jakobson, 2009). En vana innebär här regelbundna sätt att handla och tala som är beroende på situationen och syftet med den aktivitet som den är en del av. Sådana vanor kan transformeras, förändras, t.ex. under en lektion i NO. Lärande ses som en av de mest grundläggande vanorna eftersom vi inte behöver lära oss att lära. Eftersom människor lär sig hela tiden, blir en viktig fråga för undervisningen inte *om* elever lär sig eller inte, utan *vad* de lär sig som ett resultat av de många interaktionerna i klassrummet. Frågan blir ”Vad lär sig människor i en speciell situation och vilka konsekvenser får det för det fortsatta lärandet?” eller ”Vilken riktning tar lärandet?”.

3.4.1 Erfarenhet och kontinuitet

Ett centralt begrepp i Deweys tänkande är ”experience”, som omväxlande översätts till ”erfarenhet/erfarande” eller ”upplevelse/uppleva”. Ett erfarande omfattar hela den situation som en individ är involverad i och är historiskt och kulturellt präglad. Dessutom innefattar ett erfarande också handling. Dewey (1938/1997) understryker betydelsen av kontinuitet för lärande och meningsskapande. Det innebär att de erfarenheter vi gör i en viss situation får konsekvenser för kommande erfarenheter och vårt fortsatta lärande. Meningsskapande är följaktligen en konsekvens av individens interaktion med omvärlden och av interaktionen mellan tidigare, nuvarande och framtida erfarenheter. Vi värderar erfandet, sätter in det i ett sammanhang och relaterar det till tidigare erfarenheter och den aktuella situationens syfte. Därefter värderar vi aktiviteten utifrån de konsekvenser som den får. Eftersom ingen situation är den andra lik så rekonstrueras och transformeras (omorganiserar) tidigare erfarenheter i den nya situationen, vi lär oss, vilket i sin tur får konsekvenser för vårt framtida lärande och meningsskapande. Dewey (1934/1980) menar att fantasi är en förutsättning för att vi ska kunna rekonstruera och transformera erfarenheter i en ny situation. Enligt Root-Bernstein (1996) saknas inslag av fantasi i NO-undervisningen, vilket han menar borde vara en del av lärandet likväl som logik och fakta.

3.5. Fenomenografi

Inom fenomenografien ses lärande som en övergång från en erfarenhet till en mer komplex erfarenhet. Erfarenheten ses som tecken på den förmåga med vilken individen erfar världen, fenomen. I en fenomenografisk studie försöker forskaren fånga individers erfarenheter genom att avgränsa och systematisera dem i kvalitativt skilda beskrivningskategorier. Enligt en fenomenograf förborgas eller manifesteras varje utsaga/mening av en erfarenhet som kan fångas genom att många utsagor om ett fenomen analyseras och tolkas. Fenomenet är detsamma i olika kontexter medan situationen kan variera. Det framkommer då att individer erfar ett och samma fenomen, t.ex. materia, på endast några få sätt – en handfull kvalitativt skilda sätt (Renström, 1988). En erfarenhet som är mer komplex har fler aspekter än en som är mindre komplex och antalet aspekter kan variera. Att utläsa en erfarenhet från en enda utsaga är inte möjligt. Därför säger man att man fångar erfarenheten i beskrivningskategorier. En erfarenhet har inre egenskaper eller aspekter, vilka en fenomenograf söker. Om en aspekt saknas så vet forskaren vad som behöver undervisas. Frågan är då ”Vad behöver jag göra för att synliggöra den aspekten för den lärande?” och svaret blir ”Jag varierar den.”

Fenomenografin utvecklades av Ference Marton och hans medarbetare vid Göteborgs universitet under 1980-talet.

3.5.1. Variationsteorin

Variationsteorin, en teori för lärande, har utvecklats av Ference Marton ur fenomenografin. Det innebär att det som ska varieras är de förutsättningar för erfارande som leder till nya sätt att erfar, dvs. olika aspekter av det elever ska lära sig varieras och inte metoden (Holmqvist, 2008). Variation, samtidighet och urskiljning är centrala begrepp och "Variation är en förutsättning för att någon aspekt av ett fenomen ska kunna urskiljas" (Helldén m.fl, 2005, s. 24). Antalet aspekter kan variera och den variationen ligger till grund för variationsteorin. Men om de aspekter man varierar är alltför många så kan förmågan att urskilja minska. Lärande innebär alltså ett nytt sätt att erfar omvärlden. Lärarens roll blir då att göra det möjligt för eleverna att upptäcka nya aspekter av det de ska lära sig. Frågor som forskare och/eller lärare kan ställa är: "Vad har eleverna redan urskilt?", "Vad har de urskilt samtidigt?" och "Vilken variation har de erfarit för att kunna göra dessa urskiljningar?" (Holmqvist, 2006, s. 17). I en nyligen genomförd, men ej avslutad studie, använder forskarna variationsteorin för att undersöka förskolebarns och barns i de tidigare åren i grundskolan estetiska lärande i musik, poesi och dans (Pramling Samuelsson m.fl., 2008). Studien visar att det är viktigt att variera just det som det är meningen att barnen ska urskilja, t.ex. tempo i ett musikstycke. "Om allt varierar så framstår det som ett brus för barnen" (a.a. s. 62). Genom att variera tempot men spela samma stycke så kan barn lära sig förstå vad tempo innebär och att man kan förändra det. Om lärare dessutom för metasamtal (samtal om samtal) med barnen om vad som hände och vad de gjorde och tänkte så görs det osynliga synligt för barnen (jfr. Learning studies 5.4.1.).

Med utgångspunkt i variationsteorin har Vikström (2005) gjort en aktionsforskningsstudie. Hon undersökte relationen mellan lärande och undervisning i ekologi i årskurs 1–6. Resultatet visar att lärarnas kompetens att skapa variationsmönster var av betydelse för elevernas lärande. När eleverna erbjöds möjligheter utvecklade de sin förståelse för abstrakta biologiska processer. Lärarna utvecklade en större tilltro på sin egen undervisning. De kunde också i allt större utsträckning identifiera de problem eleverna ställdes inför i lärandeprocessen. Emanuelsson (2001) studerade utifrån ett variationsteoretiskt perspektiv vilken roll lärares frågor har för att ta reda på vad elever har förstått av NO-undervisningen (årskurs 1–6). Han kom fram till att lärarnas frågor framför allt inriktade sig på elevernas färdigheter och i mindre grad på deras förståelse av det naturvetenskapliga innehållet.

4. Aspekter av betydelse för lärande och undervisning i NO-ämnena

4.1. Språkets betydelse

4.1.1. Språkbruk

Lärande handlar till stor del om att bli bekant med och tillägna sig det språkbruk (diskurs, genre) som är gångbart i den aktuella situationen. Om man inte känner till det aktuella sammanhanget kan det uppstå problem. Att lära sig naturvetenskap innebär att (delvis) lära sig ett nytt språk. För att lära sig ett nytt språk krävs kommunikation, dvs. elever måste få prata om vad som händer när de är involverade i olika NO-aktiviteter i klassrummet. Kommunikation har inte bara betydelse för att ge elever en möjlighet att lära sig meningen

med ett ord eller begrepp, utan också för att lära sig hur ords betydelser är relaterade till varandra (Lemke, 1990). Tillsammans med andra lär vi oss aktivt nya begrepp och skapar ny mening ”genom social förhandling” (Lundegård, 2004, s. 85). Språket förändras alltså ständigt och ord får ny betydelse i nya sammanhang. Många ord inom naturvetenskaperna används i en annan betydelse i vardagsspråket (t.ex. begrepp som ”energi”, ”fast”, ”frukt”, ”sur”), vilket kan skapa förvirring. Sjøberg (2000) menar att om elever förutsätts använda vetenskapliga begrepp på ett exakt sätt även utanför NO-klassrummet så framkallar det en negativ inställning till vad som är brukligt och passande. Med Wittgensteins (1969/1992) ord framträder ords mening i språkspel – i användning i specifika situationer – och dessa språkspel måste vi lära oss för att förstå vad som är relevant i olika situationer. Det är därför kanske inte relevant att använda ords naturvetenskapliga innebörd i ett vardagligt sammanhang eller tvärtom. Människor måste lära sig att vandra mellan dessa olika språkspel och identifiera olika genre eller diskurser. Att t.ex. tala om de delar av svampar som vi äter i termer av ”frukter” kan verka underligt i ett sammanhang, men fullt begripligt i ett annat. På samma sätt kan metaforer och analogier vara både förståeliga och oförståeliga.

4.1.2. Metaforer

I naturvetenskaperna liksom i NO-undervisningen är metaforer och analogier vanliga. Skillnaden mellan en metafor och en analogi är hårfin. Inom NO-undervisningen används för det mesta termen ”analogi”, men den faller under den generella kategorin ”metafor” (Pramling, 2006). Här används därför begreppet ”metafor” i fortsättningen. Det är känt att metaforer kan försvåra lärandet i NO-ämnena, men att de också kan fungera som ”broar” när elever skapar mening och lär sig NO (Muscari, 1988; Flannery, 1991). Ett exempel kommer från två flickor som observerade trädknoppar med förstoringsglas. De liknade pistillens märke vid ”larver” och såg att knoppen hade ”hår”. Deras tidigare erfarenheter av ”larver” och ”hår” gjorde det möjligt för dem att prata om vad de observerade och gå vidare med sin undersökning av knoppar (Jakobson & Wickman, 2007). En förutsättning för att metaforer ska främja lärandet är att elever är bekanta med innehållet i undervisningen (t.ex. Dagher, 1995; Muscari, 1988; Quale, 2002). Användningen av en metafor medför dessutom att vissa aspekter görs synliga medan andra förblir förbisedda (Domaingue, 1992; Harrison & Treagust, 2006). När barn undersökte ett jordprov för att ta reda på vad det bestod av (humus, lera eller sand eller två eller flera av dessa jordtyper) liknade de jorden vid ”spenat” som dessutom var ”läbbigt”. På så vis urskiljde barnen särskilda egenskaper hos jordprovet medan andra förblev fördolda (Jakobson & Wickman, 2007). Det innebär att nya metaforer skapas hela tiden för att synliggöra de aspekter man är intresserad av. Detta är enligt Domaingue (1992) en fortgående process som också syns i naturvetenskaperna med tanke på den mängd metaforer vetenskapsmän/kvinnor använder sig av. Domaingue hävdar också att metaforer har estetiska beröringspunkter, vilket styrks empiriskt av Jakobson och Wickman (2007). Yngre skolbarns spontana metaforer visade sig vara relaterade till estetiska erfarenheter (t.ex. ”läbbig spenat”), vilket innebär att de har en betydelse för den riktning lärandet tar.

4.1.3. Språkutveckling

Flera forskare menar att NO-ämnena har en positiv inverkan på elevers språkutveckling (Amaral m.fl., 2002; Rollnick, 1998). Att lära sig NO innebär inte endast att förstå specifika naturvetenskapliga begrepp, utan också att t.ex. kunna klassificera, sortera och beskriva. Jakobson och Marand (1996) visar att barn i de tidigare skolåren i ett sådant sammanhang använde vardagliga och för dem kända ord. Barnen sorterade föremål efter vilket material de trodde att föremålen var tillverkade av och beskrev också skriftligt de olika materialen. Barnen urskiljde olika egenskaper och kvalitéer, vilket följaktligen ledde till att de ord de använde varierade. Beskrivningar av t.ex. trä blev på det sättet oförenliga och motsägande, vilket gav upphov till diskussioner om hur trä både kan sägas vara ”lent”, ”mjukt”, ”hårt” och ”strävt”. Följden är att det är viktigt att tala naturvetenskap, att elever får sätta egna ord på det

de upplever och lära sig det naturvetenskapliga språket vartefter det behövs (Harlen, 1996a). På så vis stimuleras elevers språkutveckling och de får möjlighet att lära sig ord av varandra – inte bara naturvetenskapliga begrepp utan också t.ex. metaforer och adjektiv som de använder för att beskriva det de observerar och undersöker – vilket också gynnar elever med svenska som andra språk (Anderhag & Wickman, 2006; Seimears, 2007). En förutsättning är dock att eleverna ges möjlighet att i det praktiska arbetet använda nya ord och sätta in dem i ett sammanhang som är intressant och begripligt för dem (Anderhag & Wickman, 2006; Harlen, 1996a; Seimears, 2007).

Att kommunicera naturvetenskap innebär också att skriva. Geijerstam (2006) studerade elevers egna texter i NO (år 5 och år 8). Resultatet visar att elevers texter blir alltmer abstrakta och förtätade med stigande ålder, medan textens struktur och byggnad inte utvecklas. Geijerstam poängterar att det är av vikt att elever får samtala kring sina texter eftersom de ofta tycker att det är svårt att berätta om innehållet i det de skrivit och inte heller är medvetna om varför och för vem de skrivit. Hon menar att om elever ska kunna delta i den naturvetenskapliga undervisningen på högre stadier är det viktigt att de får ta del av naturvetenskapernas specialiserade språk både genom att tala och skriva. Lindberg (2000) hävdar också att skrivandet är av betydelse och ger som exempel elever i år 4 som undersökte magnetism. Hon beskriver hur språkutveckling kan främjas genom att barn får prata med varandra i par eller i grupp, muntligt redovisa vad de kommit fram till inför klassen och slutligen skriva en rapport.

Läromedel i NO för de yngre barnen är ofta instruerande och har karaktären av ”recept”. I de fall texterna är utförligare anses de av lärarna ofta som alltför svåra (Anderhag & Wickman, 2006). Men genom att använda Gibbons (1998) sekventiella struktur för språkutveckling är det möjligt att utveckla yngre barns språk och samtidigt deras ämneskunskaper. Det innebär att gå från en kontextberoende språkanvändning, dvs. vardagsspråk, till en kontextberoende ”som ligger närmare de skriftliga former som undervisningen ska spänna över” (Lindberg, 2000, s. 69). Gibbons (1998) betonar dock att gränserna mellan muntlig och skriftlig framställning är vaga och att det därför blir skolans uppgift att bygga broar mellan både vardagskunskap och skolkunskap och mellan vardagsspråk och skolspråk.

4.2. Estetik och naturvetenskap

Estetik och naturvetenskap har sedan länge setts som två vitt skilda verksamheter: i naturvetenskapen söker man fakta och utforskar de lagar som styr naturen för att kunna förutsäga skeenden; estetiken handlar om smak, något som berikar livet men inte kan användas för att göra förutsägelser om det. Vanligtvis förknippas estetik med konst, men också med hantverk och formgivning (Wickman & Jakobson, 2005). Inom filosofin diskuterar man estetik framför allt utifrån Immanuel Kants arbete *Kritik av omdömeskraften* (Kant, 1791/2003). Här avgränsar Kant estetik till *omdömen* om det sköna (vackert/fult) och det angenäma och oangenäma, vilket är nära sammanbundet med känslor. Estetiken är således riktad mot både filosofin om det ”sköna” och konstfilosofi. Många forskare har poängterat att estetik är en viktig del av lärandet i NO-ämnena (t.ex. Dahlin, 2001; Lemke, 2001), men det finns få empiriska studier vad gäller estetikens betydelse för lärandet av naturvetenskap (Bloom, 1992a, b; Girod & Wong, 2002; Jakobson, 2008; Jakobson & Wickman, 2008; Szybek, 2002, Wickman, 2006). Samtliga dessa studier har visat att estetiken är av betydelse för att förstå naturvetenskap och för intresse och deltagande i naturvetenskapliga aktiviteter. Wickman (2006) och Jakobson och Wickman (2008) har också visat hur ett ”estetiskt erfarande” är kontinuerligt med ett vidare lärande för universitetsstudenter respektive barn i de tidiga skolåren vilket inbegriper att lära sig fakta, naturvetenskapernas estetik och normer

om hur man går tillväga i det naturvetenskapliga klassrummet. Ett ”estetiskt erfارande” är här liktydigt med Deweys (1934/1980) term ”aesthetic experience” och omfattar såväl praktiska, intellektuella, emotionella som estetiska aspekter samtidigt och ingen av aspekterna är viktigare än de andra.

4.2.1. Estetiska värdeomdömen

Ett estetiskt erfارande är kontinuerligt med lärandet av naturvetenskap (Jakobson, 2008; Jakobson och Wickman, 2008; Wickman, 2006; Wickman & Jakobson, 2005, 2009). Det inbegriper en förändring inte bara av faktakunskaper, utan också av estetiska aspekter och normer om hur man ska gå tillväga i det naturvetenskapliga klassrummet. Wickman (2006) studerade samtal mellan universitetsstudenter som tog kurser i biologi och kemi och upptäckte att studenterna ofta använde estetiska värdeomdömen. De estetiska värdeomdömena var inte bara ett uttryck för känslor, utan användes för att reda ut vad som var relevant och irrelevant att urskilja. På så vis var det en nära relation mellan vad studenterna kunde lära sig och det estetiska erfärandet. En *vacker* insekt, i motsats till en *ful*, var intakt och förevisad på ett sådant sätt att studenterna kunde observera hur den var uppbyggd. Om studenter inte lyckas urskilja hur en naturvetenskapligt sett vacker insekt ser ut, misslyckas de med att lära sig hur den är uppbyggd. I det långa loppet kan det också innebära att studenterna väljer att läsa andra ämnen. Wickman (2006) menar att utan estetiken avstannar lärandet oberoende av praktik.

På liknande sätt har Jakobson och Wickman (2008) och Wickman och Jakobson (2005, i tryck) visat hur yngre barns estetik är av betydelse för vad de kan lära sig i NO. Ibland så sammanfaller inte barns estetik med vad de förväntas göra. Ett exempel är när Nicolai skulle bygga ett kartonghus och installera elektricitet i huset. För Nicolai var det viktigast att skapa ett ”*mysigt*” hus där han kunde ”*pysla*”, medan lärarens syfte var att han skulle göra elektriska kopplingar så att flera lampor lyste. Nicolais och lärarens syften divergerade alltså. Läraren var tvungen att ge vika för Nicolais skäl, nämligen att om han installerade fler lampor i huset så skulle det inte bli ”*mysigt*”. I det här fallet så lärde sig alltså inte Nicolai mer om hur man kan serie- eller parallellkoppla. I stället tog den konstnärliga estetiken överhanden. Ett annat exempel kommer från Julia som skulle observera dagmaskar. Till att börja med tyckte hon att de var ”*äckliga*”, men lyckades förändra sin negativa estetiska upplevelse till en positiv. Det skedde inte i en handvändning utan i etapper. Till att börja med bestämde hon sig för att lägga masken på ett papper. Då var det lättare att hantera den och hon behövde inte ta i den. Efter en stund upptäckte Julia att masken var skadad, vilket gav upphov till att hon tyckte synd om den och dessutom döpte den. Som ett resultat började hon också observera masken och upptäckte att den hade ett huvud och en ”*knöl*”. Det hela slutade med att Julia och hennes gruppkamrater tävlade om vilken mask som var ”*sötast*” (Jakobson & Wickman, 2008). Samtliga studier är gjorda utifrån ett pragmatiskt perspektiv och estetiken ses alltså som situerad i en aktivitet.

4.2.2. Estetiska verksamheter

Flera forskare betonar vikten av konstnärliga aktiviteter i undervisningen av de naturvetenskapliga ämnena för att mänskliggöra och göra ämnena mer tillgängliga för elever (t.ex. Root-Bernstein, 1996; Watts, 2001). Forskningen inom området är eftersatt och de flesta studier som bedrivits är deskriptiva och diskuterar inte *hur* konstnärliga aktiviteter kan bidra till eller försvåra elevers lärande. De empiriska studier som är gjorda visar att konstnärliga aktiviteter kan bidra till att elevers observationsförmåga och engagemang ökar (t.ex. Hayes m.fl., 1994), men också att konstnärliga aktiviteter både kan utgöra en begränsning för och främja elevers förståelse av det naturvetenskapliga innehållet (Kress, m.fl., 2001; Jakobson & Wickman, manuskript, 2008). Kress m.fl. (2001) menar att det är nödvändigt att använda flera olika representationsformer i NO-undervisningen, både språkliga, visuella och fysiska handlingar, eftersom varje form både begränsar och främjar vad elever kan lära sig.

Kress m.fl. (2001) anser att det är nödvändigt att använda andra representationsformer i NO-undervisningen än det skrivna eller talade språket eftersom varje representationsform både begränsar och underlättar elevers lärande. Olika representationsformer får alltså olika konsekvenser för vad elever kan lära sig. De menar att konst är en typ av representation som lärare kan använda i NO-undervisningen. Kress m.fl. (2001) ger som exempel högstadieelever som fick i läxa att tillverka modeller av växtceller. Det visade sig att eleverna noga valde ut det material de använde för att förklara dels cellernas utseende och dels deras funktion. När de gjorde modellen framhävde de egenskaper som färg, form och struktur för att göra en så autentisk modell som möjligt. Elevernas val av material var alltså inte godtyckligt utan en del av meningsskapandet.

På samma sätt har Jakobson och Wickman (manuskript) visat hur olika representationsformer får olika konsekvenser för vad barn i år 1 ges möjlighet att lära sig om löv. Under en lektion fick barnen dels observera olika höstlöv med förstoringsglas och dels göra ett frottage av löv. Den första delen av lektionen hade ett naturvetenskapligt syfte medan den andra hade ett konstnärligt syfte. Under de olika delarna av lektionen lärde sig barnen olika saker om löv. När de observerade med förstoringsglas såg de mikroskopiska detaljer som t.ex. skillnader och likheter mellan olika individuella löv (t.ex. förekomsten av tunna bladnerver och bladlöss), medan de la märke till makroskopiska skillnader mellan olika sorters löv när de gjorde frottagen (t.ex. lövens form). På så vis utgjorde de två olika lektionssekvenserna en möjlighet för barnen att lära sig olika saker om lövs utseende.

De olika representationsformerna samverkar, vilket gör att om fler former används samtidigt, t.ex. bild och samtal, så ökar möjligheten för elever att lära sig det aktuella innehållet. I fallet med Nicolai ovan innebar husbygget ett hinder för honom att lära sig det naturvetenskapliga innehållet, dvs. att koppla in fler lampor. I stället tog den konstnärliga aktiviteten, att göra ett mysigt hus, överhanden. I en annan studie (Jakobson & Wickman, 2008) visade det sig att de artefakter barnen (år 1–2) använde var av betydelse för vad de lärde sig. Barnen var till exempel inte vana vid att använda silkespapper och klister. När de skulle använda materialet för att göra en tvådimensionell modell av en fisk så var det svårt för dem att få med detaljer. Det klistriga pappret fastnade på barnens händer och det var svårt för dem att bli av med det. De barn som använde vattenfärger kunde däremot i större utsträckning måla fisken mer detaljerat eftersom de var bekanta med materialet. I båda fallen samtalade barnen dock hela tiden med varandra vilket visade att de observerade en mängd detaljer och också kunde namnge olika delar av fiskens kropp. Resultatet av studien styrker Kress' m.fl. (2001) idé om flera olika representationsformer i NO-undervisningen och Säljös (2005) påpekande om att obekanta artefakter kan utgöra ett hinder för lärandet.

4.3. Etik och naturvetenskap

När elever lär sig naturvetenskap lär de sig också olika sätt att se på naturen (Östman, 1995). Östman analyserade läromedel och fann att värden och normer, s.k. följemeningar, alltid är närvarande i relation till det naturvetenskapliga innehåll som elever ska lära sig, det språkbruk som används samt i form av s.k. kunskapsemfasier som behandlar relationen natur – individ – samhälle. Samtliga följemeningar innebär att elever lär sig ett visst etiskt förhållningssätt till naturen som t.ex. synen på naturen som möjlig att exploatera, kontra möjlig att bevara och naturumgänget som marknadsekonomiskt, kontra ett allmänt engagemang. Östman menar att läromedlen i naturvetenskap är vetenskapligt rationella, dvs. syftar till den ”rätta” förklaringen vilket utesluter ”naturens kulturella (estetiska, symboliska etc.) värden” (a.a., s. 119) och den moraliska dimensionen. Detta påverkar förstås elevers syn på naturen och människans relation till den.

Enligt Matthews (1994) har moral och etik rutinmässigt ignorerats i NO-undervisningen trots att frågor som t.ex. genmanipulering, växthuseffekten och kärnkraft debatteras i samhället. Solomon (1992) betonar att om undervisning i naturvetenskap inte inbegriper värden så styrks tron på att vetenskapsmän – och lärare i naturvetenskap – bara lutar till ”hårda fakta” och inte bryr sig om att reflektera över de djupa personliga värden som berikar all mänsklig tanke. I England startades för ett antal år sedan forskning som studerar relationen mellan naturvetenskap, teknologi och samhälle (STS – Science, Technology and Society) utifrån ett undervisningsperspektiv. Ett syfte är att elever ska bli uppmärksamma på hotbilden vad gäller vår miljö, både lokalt och globalt, och dess påverkan på våra liv och ett annat är demokratispekten, dvs. att ge elever tillfälle att diskutera forskning i naturvetenskap och ta ställning till och värdera dess betydelse för utvecklingen av vårt samhälle (Solomon, 1993). På samma sätt understryker Zeidler (2007) vikten av att presentera den mänskliga sidan av naturvetenskaperna som bl.a. innefattar de moraliska och etiska beslut forskare tar och de argument och bevis som de använder för att underbygga sådana beslut. Zeidler menar att skilja det naturvetenskapliga innehållet i undervisningen från dess tillämpningar och konsekvenser är artificiellt. I stället argumenterar hon för att elever ska involveras i de beslut som fattas i samhället, även de som har naturvetenskapliga inslag. På så sätt ges elever möjlighet att reflektera över ett ämne och undersöka hur det relaterar till deras egna liv liksom till livskvaliteten i samhället, vilket inbegriper moraliska och etiska aspekter.

5. Forskning om undervisning och lärande i NO-ämnena

5.1. Begreppsförståelse

Utifrån konstruktivismen har flera studier gjorts angående elevers begreppsförståelse. Det har visat sig att elevers föreställningar och vardagsförståelse är djupt rotade och svåra att förändra. Det är alltså viktigt att lärare tar reda på elevers tankar kring de begrepp och fenomen som de ska lära sig innan undervisningen startas. Dessa föreställningar är då utgångspunkten i undervisningen och ger lärare en möjlighet att utmana sina elevers tankar och på så vis göra det möjligt för dem att lära sig de naturvetenskapliga förklaringarna (Driver, 1983).

Helldén (2002) genomförde en longitudinell studie om elevers föreställningar om ekologiska processer. I studien deltog elever från år 2, vilka Helldén följde tills de var 15 år. Genom intervjuer studerade Helldén hur deras tankar och idéer förändrades genom åren, men också hur deras tidiga förförståelse som grundade sig på konkreta erfarenheter var viktiga inslag vid samtliga intervjutillfällen. Till att börja med uppfattade eleverna växter som en ”slutstation på materiens väg och inte som en del i ett kretslopp” (Helldén, 2002, s. 230–231). Genom att odla växter i slutna behållare utmanade Helldén elevernas tankar. De blev t.ex. förvånade över hur mycket vatten det var i behållaren, vilket ledde till att läraren introducerade en kretsloppsmodell för att förklara detta. Denna modell hjälpte eleverna att utveckla sitt tänkande om vattnets kretslopp, men också om andra resurser som är nödvändiga för växters liv även om det inte alltid överensstämde med den naturvetenskapliga förklaringen. Helldén (2002) menar att införandet av begrepp som ”avdunstning”, ”kondensation” och ”transpiration” och en praktisk tillämpning av dem kanske skulle ”ha underlättat en djupare förståelse av vattnets kretslopp” (a.a., s. 241). Enligt konstruktivistiska perspektiv är det av vikt att utmana elevers tankar kring olika begrepp och fenomen, men Helldén (2002) poängterar att det i naturvetenskaplig undervisning är av vikt att sortera ut ett mindre antal

huvudbegrepp och utarbeta strategier för undervisning för att stödja elevers lärande av dessa begrepp.

Pilatou och Stavridou (2004) genomförde en studie angående 11–12-åringars förståelse av bl.a. hur elektriska kretsar fungerar, var elektricitet kommer ifrån och hur elektricitet installeras i våra hus. Forskarna tog reda på elevernas förförståelse genom att dels låta dem svara på fyra frågor och dels rita hur de tänkte. Flera menade t.ex. att elektricitet kommer via en kabel direkt från en stolpe och in i huset eller helt enkelt från ett uttag i väggen, medan andra ritade kablar in i huset utan att ange varifrån de kom. Utifrån elevernas förförståelse planerade Pilatou och Stavridou lektioner som utmanade elevernas tankar, vilket resulterade i nio olika teman. Barnen fick diskutera sina tankar i grupper och i helklass och experimentera med bl.a. glödlampor, enkelledare och batterier. Pilatou och Stavridou skrev också en handledning för lärarna. Efter undervisningen fick eleverna besvara samma frågor som tidigare samt rita och det visade sig att deras förståelse av elektricitet markant förbättrades. De kunde nu t.ex. beskriva parallell- och seriekopplingar, hur elektricitet transporteras och varifrån den kommer.

5.2. Interaktion och kommunikation

Schoultz (2002, jfr. 3.3.1) har visat hur kommunikation, interaktion och fysiska artefakter är av betydelse för vad elever kan lära sig och för vad de kan uttrycka att de redan vet. Han intervjuade barn i de tidigare skolåren angående deras kunskap om astronomiska företeelser. Barnen hade under intervjun tillgång till en jordglob, vilket ledde till att de kunde ge uttryck för en mycket större kunskap om t.ex. gravitation än tidigare forskning visat (t.ex. Vosniadou, 1994). Under intervjuerna visade det sig också att barnen ibland befann sig i ett annat sammanhang än det naturvetenskapliga:

I: Var bor det folk någonstans på jorden då? Om vi tittar på jordgloben.

Linn: Lite överallt.

I: Lite överallt, vi sa förut att allt det blå var hav.

Linn: Och där kan man inte bo.

I: Kan man bo på alla andra ställen?

Linn: Nähä. Där man krigar där brukar det inte vara så kul att bo. (Schoultz, 2002, s. 51)

Intervjuarens avsikt var att diskutera om människor kan bo på den södra halvan av jordklotet utan att falla av, dvs. jordens gravitation. Ett annat exempel kommer från Erica i år 2 som inte tyckte att det är problematiskt att folk bor i Australien utan att falla av jorden, men för att tillfredsställa intervjuaren så säger hon:

I Isn't it strange that people can live down here?

Erica Yes

I Why do you think it is strange?

Erica Well, 'cos there has been a lot of fires there (Schoultz, Säljö & Wyndhamn, 2001, s. 113)

I båda fallen svarade barnen utifrån sina egna erfarenheter och inte utifrån ett naturvetenskapligt perspektiv. Att förstå sammanhanget är alltså av betydelse när människor

lär sig och att lära sig naturvetenskap handlar således om att bli insocialiserad i den specifika genren och kunna urskilja den.

5.3. Erfarenhet och kontinuitet

Wickman (2002) poängterar att lärande sker tillsammans med andra och genom att tidigare erfarenheter rekonstrueras och transformeras (omvandlas) i den nya situationen. Han ger som exempel två universitetsstudenter som samtalar om en humlas byggnad. Studenterna använder en rad ord som är fullt begripliga för dem i den här situationen och vilka för undersökningen vidare, t.ex. ”stora ögon” och ”fasettögon”. I det här fallet tog lärandet en riktning som var fruktsam, men det är inte alltid fallet. När studenterna försökte observera om humlan hade antenner, visade det sig att humlan var skadad och alltså var det omöjligt för dem att avgöra om humlor har antenner eller inte. Men återigen tog studenterna vara på sina tidigare erfarenheter – nu av tecknade humlor:

A: I alla tecknade filmer jag har sett, då har humlor alltid antenner.

B: Ja, det har dom.

A: En konstnär som jag har en tavla av. I hennes målning så har humlan antenner. Och hon är en sån där som gör perfekta avbilder. (a.a., s. 104)

I den här situationen var studenterna överens om att humlor har antenner även om de faktiskt inte kunde se några på den humla som de observerade. Deras tidigare erfarenheter pekade dock mot att humlor har antenner, vilket ledde till att de lämnade ämnet och fortsatte med sina studier av humlan.

Elever lär sig ständigt när de talar och handlar i det naturvetenskapliga klassrummet, men det är därmed inte sagt att de lär sig vad läraren har i åtanke. Vad de lär sig beror också på deras etiska och estetiska värderingar. I en studie gjord av Jakobson och Wickman (2007) visade det sig att barnen (år 1–4) använde metaforer i hög utsträckning när de var involverade i undersökningar och observationer i NO-klassrummet. Vid ett tillfälle observerade barnen salt och grus med förstoringsglas för att därefter blanda dem och till sist separera dem igen. De metaforer barnen använde hade stor betydelse för vad de observerade och för hur undersökningen gick vidare. Oftast så inkluderade metaforen både fakta samt estetiska och normativa (vad som ska inkluderas/exkluderas och vad som tillhör/inte tillhör undersökningen eller observationen) aspekter samtidigt. Ett exempel kommer från två pojkar som observerade salt med förstoringsglas [metaforerna är markerade med fet stil och de estetiska värdeomdömena med kursiv stil]:

Lars: Som **pärlor**. Runda **pärlor**.

Henrik: Och så runda.

Lars: *Fina* **pärlor**.

Läraren: Mm. Är de *fina* tycker ni?

Lars och Henrik: Jaa!

Lars: Vi kollar i den här lilla. Håll i den här lilla.

Henrik: *Åååh!* [upphetsat] En **snöboll!** Kolla vad stort det är!

Lars: Kolla! Gör så här! Ditåt.

Henrik: Och så ser man! Kolla! När man är så där nära ser man massor...Jag ska lägga på [förstoringsglaset].

Lars: Du ser inte då.

Henrik: Kolla!

Lars: Jag vet.

Henrik: De är lite fyrkantiga.

Lars: Jag vet. Fyrkantiga **pärlor**. (a.a., s. 282-283, publicerat på engelska)

Under observationen såg Lars och Henrik att saltkristaller ser ut som ”fyrkantiga **pärlor**”, vilket också var en estetisk positiv upplevelse eftersom de var ”*fina*”. Lärarens kommentar ”Är de *fina* tycker ni?” bekräftade på ett normativt sätt att pojkarna var på väg i rätt riktning och att de inkluderade rätt detaljer när de observerade saltkristallerna. Följaktligen så rekonstruerades och transformerades deras tidigare erfarenheter av ”pärlor” och ”fyrkanter”, vilket gjorde det möjligt för dem att samtala om vad de såg och fortsätta med observationen. De lärde sig också att det kan vara angenämt att delta i NO-aktiviteter och vad som var relevant att urskilja, dvs. vad som skulle inkluderas i observationen av saltkristaller. Eftersom barns spontana metaforer står i förbindelse med deras tidigare upplevelser så har de en potential att ge liv åt och förmänskliga de naturvetenskapliga ämnena.

5.4. Samarbete mellan lärare och forskare

5.4.1. Learning studies

Utifrån variationsteorin har s.k. ”learning studies” utvecklats (jfr. 3.5.1). Learning study innebär ett samarbete mellan forskare och en grupp lärare kring ett speciellt lärandeobjekt, t.ex. decimaltal. Elevers tidigare erfarenheter inom det aktuella området kartläggs, genom intervjuer och/eller prov, liksom lärares erfarenheter av att undervisa om det specifika lärandeobjektet. Därefter diskuterar lärargruppen och forskaren om de erfarenheter som framkommit och vilka aspekter som är kritiska för att elever ska kunna utveckla sitt lärande. Lärarna planerar sedan en lektion utifrån variationsteorin, dvs. om elever ska kunna urskilja en aspekt av t.ex. decimaltal så måste de få en möjlighet att ”erfara variationer av dessa” (Holmqvist, 2008, s. 2). En av lärarna genomför den gemensamt planerade lektionen som videoinspelas och därefter vidtar analysarbetet, vilket innebär att man tar reda på vad eleverna kan efter lektionen. Efter analysen planeras en ny lektion och andra elever ges en möjlighet att lära sig det innehåll som är lärandeobjektet. Denna lektion analyseras och resultatet ger upphov till en tredje lektion i ytterligare en ny elevgrupp. Till sist analyserar man alla tre lektionerna för att finna ut vilka aspekter som var avgörande för vad eleverna lärt sig.

Samarbetet mellan forskare och lärare innebär inte bara att fokus är på elevers lärande. Praxisnära forskning innebär också en möjlighet för lärare och forskare att tillägna sig ny kunskap vad gäller lärande och undervisning. Resultaten har visat att elever inte bara har lärt sig det aktuella lärandeobjektet (t.ex. decimaltal), utan också har ”utvecklat en mer generell förmåga att lära” (a.a., s. 4) – ett s.k. ”generativt lärande”. I Sverige har ”learning studies” hitintills inte varit kopplade till NO-ämnena. I England har man dock sedan ett antal år bedrivit praxisnära forskning med fokus på NO även om variationsteorin inte har varit utgångspunkten utan i stället konstruktivismen.

Learning studies är också möjliga för lärare att genomföra utan samarbete med forskare. Metoden kallas då för lesson study. Genom att tillsammans planera ett lektionsavsnitt, genomföra och videofilma undervisningen och därefter diskutera och analysera avsnittet finns det stora möjligheter att utveckla arbetet.

5.4.2. Space-projektet

Space-projektet (Science Processes and Concept Exploration) bedrevs i England under åren 1987–1993 som ett samarbete mellan forskare och lärare vad gäller NO-undervisning och lärande för barn i de yngre skolåren (5–10 år). Målet med projektet var att ta reda på och utmana barns föreställningar om olika naturvetenskapliga begrepp och fenomen. Projektet omfattar 18 olika teman, bl.a. ”Material”, ”Ljus” och ”Elektricitet”. I det här projektet ledde forskarna arbetet och lärarna genomförde undervisningen utifrån forskarnas förslag. Varje tema inleddes med att lärarna tog reda på barnens förförståelse genom att t.ex. låta dem rita och skriva och genom samtal med barnen. Därefter utmanades barnens tankar och idéer på olika sätt efter förslag från forskarna, men lärarna kunde själva bestämma hur de skulle gå till väga. Detta var viktigt eftersom lärarna måste känna att de stod på fast mark och inte på ett gungfly när de startade undervisningen. Forskarna föreslog t.ex. lärarna att

- uppmuntra barnen att undersöka sina idéer
- undersöka den ”rätta” förklaringen och jämföra den med sina egna idéer
- definiera ord i en relevant kontext
- att generalisera
- diskutera med kamraterna

Ett exempel handlar om barns tankar kring vad som har fast respektive flytande form. Först fick barnen titta på tre föremål som har fast form (en stång av stål, bomull och talk) och två som har flytande form (sirap och ättika). I stort sett så visade det sig att barnen kunde klassificera stålstången och ättikan, medan de övriga visade sig vara svårare. Barnen fick sedan rita olika exempel på vad de ansåg har flytande och fast form. De ritade genomgående fler exempel på föremål med fast form än med flytande form. De fasta föremål de gav som exempel var oftast hårda, t.ex. föremål av metall, trä och plast, medan exemplen på flytande form var drickbara, t.ex. vatten och saft. I anslutning till de olika aktiviteterna intervjuade forskarna barnen för att få en bättre uppfattning om hur de tänkte. Lärarna utmanade sedan barnens tankar genom att t.ex. fråga vad som skulle hända om de la olika fasta föremål och vätskor i burkar, tippade dem åt sidan och sedan ställde burkarna upprätt igen. Det visade sig att barnen kunde skilja mellan material som förblev liggande i en hög och sådana som spred ut sig: ”If you pour a liquid into a jar it will go straight to the bottom. If you pour a solid into a jar it will go vertical” (Russell m.fl., 1991, s. 71). Vid ett annat tillfälle fick en grupp barn observera mjöl i ett mikroskop och upptäckte att det bestod av små korn och alltså hade fast form. Genom att lärarna utmanade barnens tankar, fick barnen möjlighet att urskilja vad som har fast form och vad som har flytande form och kunde efter undervisningen klassificera fler föremål och vätskor än de kunde innan.

Projektet resulterade bl.a. i utveckling av läromedel i NO-ämnena för de yngre skolbarnen i samarbete mellan forskare och lärare (bl.a. Primary SPACE Project curriculum materials, utgiven av Collins Educational). Läromedlet, som inte längre går att få tag på, har varit en utgångspunkt för andra läromedel i NO. Forskningsmaterialet i sig kan ses som en

lärarhandledning och utgöra en grund för planering av NO-lektioner (Jakobson & Marand, 1996).

5.5. Framtida forskning

Flera forskare menar att forskning och undervisning och lärande i NO-ämnena borde fokusera på de naturvetenskapliga processer som forskare inom naturvetenskaperna använder samt på naturvetenskapens väsen snarare än på en mängd naturvetenskapliga begrepp. Kreativitet, påhittighet, intuition och uthållighet är egenskaper som betecknar forskarvärlden, vilket sällan tas upp i undervisningen. Etiska frågor och personligt ansvar i relation till naturvetenskapernas rön lyser också med sin frånvaro i hög utsträckning, liksom betydelsen av elevers etniska och kulturella bakgrund och samspelet mellan naturvetenskaperna och värden och naturvetenskaperna och världsuppfattningar (Linder m.fl., 2007). Dessa frågor är några av dem som intresserar forskare i jakten på att göra naturvetenskaperna mer intressanta och relevanta för eleverna. Dessutom menar Erickson (2007) att det är nödvändigt att bedriva forskning tillsammans med lärare för att kunna utveckla både forskningen och undervisningen i NO-ämnena. Han menar också att det är dags att involvera naturvetare vid universitetet eftersom de börjar inse att den naturvetenskap som vi undervisar i på alla nivåer inom utbildningsväsendet måste engagera eleverna och vara relevant för dem. Erickson uppmuntrar alltså undervisningsforskare och naturvetare på universitet att samarbeta. Detta skulle, enligt Erickson (2007), kunna leda till att läroplaner och undervisning förändras till det bättre även för den obligatoriska skolan.

6. Att undervisa i NO-ämnena i grundskolans tidigare år

Redan innan barn börjar skolan har de kommit i kontakt med naturvetenskapliga fenomen och har idéer om hur världen ser ut och fungerar. Barns idéer och förförståelse grundar sig alltså på deras tidigare erfarenheter. Genom att utmana barns idéer finns det en möjlighet att de kommer att förstå sin omvärld på ett annat sätt och förändra sin förståelse av vad som sker. Det finns olika sätt att ta reda på barns förförståelse, t.ex. genom att låta dem rita och skriva, genom att observera och vara lyhörd för vad som händer i klassrummet och i diskussioner och samtal lyfta fram deras föreställningar. Barn har inte hur många olika förklaringar som helst, utan ofta går de att sammanställa i olika kategorier och blir då möjliga att utmana. Ett problem är att vissa föreställningar går att utmana, men andra inte (Sjøberg, 2000). Ibland måste man helt enkelt försöka få barn att göra sig kvitt de föreställningar de har p.g.a. att de är farliga eller oetiska att utforska. Vid ett tillfälle ombads barnen i en klass att rita och skriva hur de tror att de kan få en lampa att lysa. Ett barn ritade en sladd från batteriet till vägguttaget. Ett annat exempel handlar om en diskussion mellan barn om fiskar behöver syre för att överleva eller inte. I det första fallet stupar möjligheten till undersökning beroende på att det vore riskabelt att pröva idén. I det andra fallet kan man använda apparatur för att undersöka frågan, men den är för avancerad för yngre barn och renderar inte i en vidare förståelse. I stället hade syretillförseln kunnat strypas vilket hade medfört att fiskarna dött – ett moraliskt ställningstagande som, i det här fallet, läraren måste fatta. Vid sådana tillfällen kan man som lärare inte bygga vidare på barns föreställningar, utan måste i stället tala om att det är farligt eller inte möjligt att utforska, dvs. ”lägga sordin” på föreställningen och kanske tala om det ”rätta” svaret.

En fråga som har diskuterats bland forskare är om det är produkten, dvs. det färdiga resultatet, eller processen, vägen till resultatet, som ska fokuseras i undervisningen. Ämnesinnehåll och lärandeprocessen går hand i hand, men för de yngre barnen poängteras att processen är av

betydelse (Elstgeest, 1996; Elfström m.fl., 2008). Processargumentet är här av *pedagogisk* art och inte relaterat till hur forskning inom naturvetenskaperna går till. Ofta talar man i pedagogiska sammanhang om ”det naturvetenskapliga arbetssättet” och blandar då kanske ihop hur forskning inom naturvetenskaperna går till med rent pedagogiska värden. Risken blir då att elever föreställer sig att naturvetenskap endast innebär att experimentera (Helldén m.fl., 2005). I naturvetenskaplig forskning finns det dock inte en enda väg, dvs. ”det naturvetenskapliga arbetssättet”, för att nå resultat och göra nya upptäckter (Helldén m.fl., 2005; Sjöberg, 2000). Flera forskare vittnar om att aspekter som fantasi och estetik ofta har betydelse i deras arbete, vilket människor utanför forskarsamhället kanske inte förknippar med naturvetenskaplig verksamhet. Hannes Alfvén, nobelpristagare i fysik, ger uttryck för hur fantasi påverkar hans arbete:

Instead of treating hydromagnetic equations I prefer to sit and ride on each electron and ion and try to imagine what the world is like from its point of view and what forces push to the left or to the right. This has been a great advantage because it gives me a possibility to approach the phenomena from another point than most astrophysics do and it is always fruitful to look at *any* phenomena under two different points of view. (Root-Bernstein, 1996, s. 67, kursivering i original)

Det finns också otaliga exempel på hur estetiken är en del av forskares vardag. Här följer ett par exempel:

In my work I have always tried to unite the truth with the beautiful; but when I had to choose one or the other, I usually chose the beautiful. (Hermann Weyl, matematiker och fysiker, citerad i Chandrasekhar, 1979, s. 77)

The scientist does not study nature because it is useful to do so. He studies it because he takes pleasure in it; and he takes pleasure in it because it is beautiful. If nature were not beautiful, it would not be worth knowing and life would not be worth living...I mean the intimate beauty which comes from the harmonious order of its parts and which a pure intelligence can grasp. (Poincaré, matematiker, fysiker och vetenskapsteoretiker, citerad i Chandrasekhar, 1979, s. 71)

Följaktligen är fantasi och estetik aspekter som också borde ha en plats i NO-klassrummet (Root-Bernstein, 1996).

Rosalind Driver varnade redan 1983 för en övertro på experimentets roll i undervisningen och poängterade att ”hands-on science” måste kombineras med ”minds-on science”, dvs. elever måste ges tillfälle till eftertanke och reflektion, vilket senare har understrukits av flera forskare (t.ex. Berg m.fl., 2007; Sutton, 1992; Säljö & Bergqvist, 1997). Att experimentera innebär att först definiera vad som ska undersökas och i vissa sammanhang göra en ”giltig” undersökning. Om elever till exempel ska undersöka om frön behöver ljus för att gro, så måste de ställa krukor med frön i ljus respektive mörker för att kunna avgöra ljusets betydelse. Det som ändras, i det här fallet tillgången på ljus (den oberoende variabeln) och det som ska mätas, dvs. grobarheten (den beroende variabeln) är av vikt för undersökningens resultat. Det finns också betingelser som inte ska ändras, s.k. kontrollvariabler. I detta fall kan det t.ex. innebära att krukorna är lika stora och innehåller lika mycket jord som har vattnats lika mycket.

I stället för att tala om ”det naturvetenskapliga arbetssättet” i NO-undervisningen används här begreppet ett ”utforskande arbetssätt”, vilket tydligare betonar det pedagogiska värdet av

praktiskt arbete i klassrummet och inte lika direkt ger associationer till vad naturvetenskaplig forskning kan tänkas innebära (Elfström m.fl., 2008). Ett utforskande arbetssätt innebär ett *reflekterat* lärande som sätts in i ett *sammanhang* och omfattar att

- observera
- ställa en hypotes
- göra en förutsägelse
- göra en giltig undersökning
- tolka resultatet och dra slutsatser
- kommunicera

6.1. Produktiva frågor

I lärandeprocessen behöver elever stöd för att kunna gå vidare, vilket Vygotsky (1975) benämnde den ”proximala utvecklingsszonen” (ZPD, jfr. 3.3.2). I samtal med mer kompetenta personer, t.ex. en lärare, kan elever vidareutveckla sina kunskaper och alltså lära sig mer. Läraren kan genom att ställa s.k. produktiva frågor möjliggöra för elever att fortsätta med en undersökning eller observation och därmed skapa ny mening. Produktiva frågor riktar sig alltså direkt till eleven och har inte ett enda rätt svar, utan är öppna (Elstgeest, 1996):

- Frågor som ökar elevers *uppmärksamhet*:
”Har du lagt märke till...? eller ”Har du sett?”
- Frågor som får elever att *mäta* och *räkna*:
”Hur många?”, ”Hur lång?” och ”Hur ofta?”
- Frågor som gör att elever börjar *jämföra*:
”På vilket sätt skiljer sig de här bladen från varandra?”, ”På vilket sätt liknar de varandra?”
- Frågor som leder till *handling*:
”Vad händer om du lägger en sten i vatten?”
- Frågor där läraren formulerar ett *problem*:
”Kan du hitta ett sätt att lösa det här problemet?”, ”Hur kan du få potatisen att flyta?”

Lärare kan också ställa produktiva frågor för att träna elever i att (Harlen, 1996a):

- ställa hypoteser Vad *tror du* det beror på att...?
- göra förutsägelser Vad *tror du* kommer att hända när du...?
- göra giltiga undersökningar Vad ska du ändra? Vad ska vara lika? Vad ska du mäta eller jämföra?

- tolka resultat och dra slutsatser Fann du något samband mellan...och...?
- kommunicera naturvetenskap Hur tänker du skriva om...? Hur kan du förklara för de andra?

Harlen (1996a) skiljer mellan personcentrerade och ämnescentrerade frågor. En ämnescentrerad fråga handlar om frågan just i det aktuella ämnet, medan en personcentrerad fråga riktar sig till vad eleven tror:

Exempel på en ämnescentrerad fråga: ”Varför flyter potatisen?”

Exempel på en personcentrerad fråga: ”Varför tror du att potatisen flyter?”

Det är av betydelse att fråga elever vad de *tror* eftersom de rimligtvis inte har det ”rätta” svaret. Genom att fråga vad de tror ökar möjligheten till diskussioner och utforskningar i ett klimat som möjliggör ett lärande. Att lära naturvetenskap innebär följaktligen inte bara att experimentera, utan att sätta in experimentet i ett vidare perspektiv och reflektera över möjligheter och svårigheter samt resultatet. Experiment kan se olika ut, vilket innebär att de ibland är ”recept” och ibland har en högre frihetsgrad. Många av de experiment som finns tillgängliga för undervisningen i de tidigare skolåren har karaktären av recept. När barn får möjlighet att utforska sin omvärld, kan lärare också dra paralleller till hur forskare i naturvetenskap arbetar och ta upp frågor som anknyter till ”naturvetenskapens väsen”.

6.2. Frihetsgrader

Undersökningar eller experiment kan göras utifrån olika frihetsgrader (Andersson, 1989). Ju lägre frihetsgrad, desto större är lärarens styrning. Om läraren bestämmer problem, val av undersökningsmetod och tolkar resultaten är frihetsgraden låg. Om eleverna själva bestämmer problem, undersökningsmetod samt tolkar resultatet är frihetsgraden hög. I ett utforskande arbetssätt är frihetsgraden hög och formativ bedömning (jfr. 6.5) utgör ett underlag för undervisning och lärande. Exempel på olika frihetsgrader:

Frihetsgrad 0: (problem, genomförande och svar är bestämt):

”Saltlösning

Häll 1 tsk. salt i 1 dl vatten.

Rör om ordentligt.

Saltet _____ sig i vattnet.

Smaka på din saltlösning.”

Frihetsgrad 1: (problem och genomförande är bestämt):

”Häll 1 tsk. salt i 1 dl vatten.

Rör om ordentligt.

Vad har hänt?”

Frihetsgrad 2: (problemet är bestämt):

”Vad händer om du häller salt i vatten?”

Frihetsgrad 3: (varken problem, genomförande eller svar är bestämt):

”Ta reda på så mycket du kan om salt.”

Ett sätt att öka frihetsgraden och göra ett utforskande möjligt är att fråga elever ”Vad händer om...”. Ett utforskande arbetssätt syftar till en hög frihetsgrad i undersökningar, men elever behöver stöd för att kunna utforska sin omvärld som leder till ett lärande i den riktning läraren önskar. Produktiva frågor kan då utgöra en hjälp för att leda lärandet vidare i den önskade riktningen liksom lärarens lyhörddhet inför de samtal som pågår mellan eleverna.

6.3. Praktiska epistemologier

En praktisk epistemologi formas när elever handlar och samtalar i en specifik situation. Varje undervisnings- och lärandesituation har sin egen praktiska epistemologi. Begreppet ”epistemologi” används inte här i en analytisk filosofisk mening som en teori om hur vi kan veta säkert. En analys av praktiska epistemologier innebär i stället att studera människors handlingar i en specifik situation och syftet är att studera relationen mellan *hur* vi lär, dvs. hur vi fortsätter med en aktivitet, och *vad* vi lär, dvs. den riktning lärandet tar. En sådan analys är inte möjlig för bara forskare att göra utan också för lärare. Genom att lyssna till elevers samtal och diskussioner blir det möjligt för läraren att upptäcka vad de är överens eller oense om och vilka relationer de skapar till det fenomen eller begrepp de är involverade i att utforska. Som ett resultat kan man som lärare se vilken riktning lärandet tar – den önskade eller någon helt annan. Sådan information kan läraren använda för att förbättra undervisningen tillsammans med eleverna och skapa en situation som gör det möjligt för dem att gå vidare i rätt riktning (Wickman & Östman, 2002; Wickman, 2004, 2006).

6.4. Pedagogisk dokumentation

I förskolorna i Reggio Emilia har lärarna i fyrtio års tid använt sig av pedagogisk dokumentation i sitt arbete. Även Stockholms förskolor har under många år arbetat med pedagogisk dokumentation. Pedagogisk dokumentation är ett redskap som används för att reflektera över undervisnings- och lärandeprocesser och gör det möjligt för läraren att ta ansvar för sitt eget meningsskapande och att tillsammans med andra bedöma vad som pågår i t.ex. NO-klassrummet. Pedagogisk dokumentation innebär att synliggöra de processer som förekommer i klassrummet, vad elever lär sig och hur detta kan ligga till grund för det kommande arbetet och är följaktligen knutet till ett ämnesinnehåll (Elfström m.fl., 2008). Genom att återföra och utmana elevers tankar och idéer, blir det också synligt för eleverna vad de lärt sig. Dessutom synliggörs lärandet inte bara för elever och lärare i den aktuella klassen, utan också för t.ex. föräldrar, kollegor och politiker och kan ligga till grund för ett fortsatt utvecklingsarbete.

Pedagogisk dokumentation är samtidigt en process och innehållet i denna process. Innehållet är det material som läraren samlar och som redogör för vad eleverna säger och gör och för hur läraren förhåller sig till det. Det insamlade materialet kan bestå av lärarens anteckningar, elevers teckningar, ljud- och videoinspelningar, fotografier m.m. Processen innebär att läraren med hjälp av det insamlade materialet reflekterar över och analyserar, både ensam och tillsammans med andra, elevers tankar och sin egen roll i undervisningen. Resultatet av analysen ligger sedan till grund för den fortsatta planeringen av undervisningen där återigen elevers tankar och intressen styr. På så vis blir pedagogisk dokumentation ett arbetsverktyg. Det är inte möjligt att dokumentera allt som händer i klassrummet, utan läraren fattar beslut om vad som ska och inte ska dokumenteras – läraren gör ett val angående vad som ska inkluderas respektive exkluderas (Dahlberg, m.fl., 2006).

Pedagogisk dokumentation kan ses som ett medel för bedömning där varje elevs lärandeprocess kan beskrivas, men framför allt som en vägledning för fortsatt undervisning, dvs. en ständig utvärdering av lärande- och undervisningsprocessen. Genom att elever och lärare tillsammans reflekterar över elevernas dokumentation i små grupper eller i hela klassen så blir dokumentationen dessutom ett kollektivt redskap för att göra lärandeprocessen synlig (Elfström m.fl., 2008).

6.5. Summativ och formativ bedömning

Det finns två typer av bedömning: summativ och formativ. Syftet är avgörande för vilken bedömningsform lärare använder. Summativ bedömning innebär att resultatet, t.ex. faktakunskaper, står i fokus. Syftet är att kontrollera vad eleverna lärt sig och ge information om hur väl kursen eller temat har infriat förväntningarna. Formativ bedömning är inriktad på lärprocessen och har som syfte att befrämja och vägleda lärande och undervisning. Den summativa bedömningsformen har länge varit ledande, men Lindström (2005) menar att tyngdpunkten, både internationellt och i Sverige, börjar svänga mot bedömning som syftar till att stödja lärandet, dvs. mot formativ bedömning. Harlen (2008) beskriver formativ bedömning som en process där man samlar bevis och gör bedömningar som relaterar till resultat, dvs. till lärandets speciella mål. På samma sätt beskriver hon summativ bedömning, med den skillnaden att en summativ bedömning innebär en summering av vad elever lärt sig vid ett visst tillfälle, medan huvuddragen i formativ bedömning är:

- en tydlig beskrivning av mål
- observationer och frågeställningar
- tolka och identifiera förlopp och vidta mått för nästa steg
- feedback (vad gäller barn och undervisning)
- engagemang i egen utvärdering och utvärdering tillsammans med andra (vilket gäller alla ovanstående punkter för barn)

En formativ bedömning innebär alltså att läraren sätter upp tydliga mål för undervisningen, insamlar material för bedömning (t.ex. elevers teckningar och texter och eventuellt video- eller ljudinspelningar) och tolkar och värderar utvecklingen, fattar beslut om hur nästa steg i undervisningen ska se ut och arrangerar lämpliga aktiviteter som ska föra lärandet framåt. Detta är en ständig rörelse som upprepas om och om igen. På så vis kan läraren stödja elevers lärande i NO-ämnena i stället för att fokusera på det "rätta" svaret. Formativ bedömning berikar och utvecklar på så sätt både lärande och undervisning (jfr. 6.4).

Schoultz (2002) menar att förståelse är situerad och därför kan man inte studera begreppsbildning direkt. Det är i stället i kommunikation och samspel i en viss situation som det framgår vad en elev förstått t.ex. om vattnets kretslopp. Många frågor i naturvetenskapliga prov är vardagsanknutna för att ta reda på om elever kan tillämpa sina kunskaper i naturvetenskap. Det kan skapa problem för elever att tolka problemet eftersom den typen av frågor lätt blir mångtydiga och det kan då vara svårt för dem att se naturvetenskapen i den typen av frågor (Schoultz 2002). I stället besvarar de frågan utifrån helt andra infallsvinklar, men i samtal kan de bli insocialiserade i den naturvetenskapliga diskursen. Helldén m.fl. (2005, s. 85) pekar på att "standardiserade nationella" tester "fungerar som barriärer för förändring av undervisningen". I stället för att utveckla undervisningen blir målet för lärare – och elever – att klara provet på ett tillfredsställande sätt.

En möjlig väg är kanske att kombinera formativ och summativ bedömning för att utvärdera hur elevers lärande fortskrider. Skrivna prov kan kanske också ersättas med eller kombineras med samtal – individuellt och/eller i grupp.

6.6. Datorer i NO-undervisningen

Flera forskare menar att NO-undervisningen måste komma tillrätta med den stigande informationsökningen i samhället. En möjlig väg är att låta elever arbeta med ”informationssökning, simuleringar och datainsamling i kombination med experiment” (Helldén, mfl., 2005, s. 62). Ett projekt – The Kids as Global Scientists Project – gav elever världen över möjlighet att utbyta idéer och tankar med varandra kring naturvetenskapliga undersökningar och fenomen (Songer, 1998). Användning av datorer i NO-undervisningen kan också leda till att elever får möjlighet att ställa frågor till forskare inom naturvetenskaperna (t.ex. O’Neill & Polman, 2004; Myndigheten för skolutveckling, 2008). Det är dock svårt att implementera användningen av datorer i NO-klassrummet beroende bl.a. på avsaknaden av datorer och på att strategier för undervisning behöver utvecklas för att göra det möjligt för lärare att använda datorer i sin undervisning (Helldén m.fl., 2005).

I USA (WISE projektet – Web-based Inquiry Science Education) och i Norge (Viten projektet – Virtual Environments in Science) har forskare inriktat sig på att utveckla undervisning som är baserad på informationsteknologi. Programmen innefattar ett naturvetenskapligt innehåll, men också ett försök att göra ämnena meningsfulla och relevanta för eleverna (Jorde, 2007). I båda projekten definieras ”inquiry” (processer) som:

Inquiry is the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, and distinguishing alternatives, planning investigations, researching conjectures, searching for information, constructing models, debating with peers, and forming coherent arguments. (Linn, Davies, & Bell, 2004, citerade i Jorde, 2007, s. 148)

Syftet är att göra naturvetenskaperna tillgängliga, göra tänkandet synligt – eleverna ombeds att anteckna sina reflektioner – hjälpa elever att lära av andra genom att arbeta i par, främja självständighet och livslångt lärande genom att kritiskt granska information som finns på Internet. I projekten synliggörs politiska, ekonomiska och sociala beslutsprocesser och programmen behandlar autentiska fall som t.ex. debatten om vargens förekomst i Norge (Jorde, 2007). Jorde (2007) menar dock att det finns många frågor att närmare studera vad gäller web-baserad undervisning och dess roll i lärandet av NO-ämnena.

Referenser

- Amaral, O. M., Garrison, L., & Klentschy, M. (2002). Helping English learners increase achievement through inquiry-based science instruction. *Bilingual Research Journal*, 26, 213-239.
- Anderhag, P., & Wickman, P-O (2006). NTA som kompetensutveckling för lärare: Utvärdering av hur lärares deltagande i NTA utvecklar deras kompetens att stödja elevernas begrepps- och språkutveckling. *Rapporter i didaktik, nummer 2, december 2006*. Stockholm: Lärarhögskolan i Stockholm.
- Andersson, B. (1989). *Grundskolans naturvetenskap. Forskningsresultat och nya idéer*. Stockholm: Utbildningsförlaget.
- Andersson, B. (2002). Utveckling av naturvetenskaplig undervisning – två exempel. I H. Strömdahl (red.) *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat*. 195-226. Lund: Studentlitteratur.
- Andersson, B., Bach, F., Hagman, M., Svensson, M., Vedin, L-G., West, E., & Zetterqvist, A. (2005). NOTLYFTET. Kunskapsbygge för bättre undervisning i naturvetenskap och teknik. *NA-Spektrum. Studier av naturvetenskapen i skolan, nr 26*. Göteborg: Göteborgs universitet, Enheten för ämnesdidaktik, Institutionen för pedagogik och didaktik.
- Asoko, H. (2008). Teaching and learning science in the primary classroom. Hämtat 2008-05-16 från www.education.leeds.ac.uk
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Berg, A., Löfgren, R., & Eriksson, I. (2007). Kemiinnehåll i undervisningen för nybörjare. En studie av hur ämnesinnehållet får konkurrera med målet att få eleverna intresserade av naturvetenskap. *NorDiNa*, 3, 146-162.
- Bloom, J. D. (1992a). Contexts of meaning and conceptual integration: How children understand and learn. I R. A. Duschl & R. J. Hamilton (red.) *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice*. 177-194. Albany: State University of New York Press.
- Bloom, J. D. (1992b). The development of scientific knowledge in elementary school children: A context of meaning perspective. *Science Education*, 76, 399-413.
- Brickhouse, N. W. (2001). Embodying science: A feminist perspective on learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 282-295.
- Brickhouse, N. W., Lowery, P., & Schultz, K. (2000). What kind of a girl does science? The construction of school science identities. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 441-458.
- Brickhouse, N.W., & Potter, J. T. (2001). Young women's scientific identity formation in an urban context. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 965-980.
- Chandrasekhar, S. (1979). *Beauty and the quest for beauty in science*. Paper presenterat vid the Proceedings of the international symposium in honor of Robert R. Wilson, April 27, 1979, Batavia.

- Dagher, Z. R. (1995). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 259-270.
- Dahlberg, G., Moss, P., & Pence, A. (2006). *Från kvalitet till meningsskapande. Postmoderna perspektiv – exempel förskolan*. Stockholm: HLS Förlag.
- Dahlin, B. (2001). The primacy of cognition – or of perception? A phenomenological critique of the theoretical bases of science education. I F. Bevilacqua, E. Giannetto & M. Matthews (red.) *Science education and culture: The role of history and philosophy of science*. 129-151. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Dewey, J. (1934/1980). *Art as experience*. New York: Perigee Books, Berkely Publishing Group.
- Dewey, J. (1938/1997). *Experience & education*. New York: Touchstone.
- Domaingue, R. (1992). Learning for discovery: Establishing the foundations. *Journal of Scientific Exploration*, 6, 11-22.
- Driver, R. (1983). *The pupil as scientist?* Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Elfström, I., Nilsson, B., Sterner, L., & Wehner Godée, C. (2008). *Barn och naturvetenskap – upptäckta, utforska, lära*. Stockholm: Liber.
- Elstgeest, J. (1996). Rätt fråga vid rätt tillfälle. I W. Harlen (red.) *Våga språnget! Om att undervisa barn i naturvetenskapliga ämnen*. 51-63. Stockholm: Almqvist & Wiksell Förlag.
- Emanuelsson, J. (2001). *En fråga om frågor. Hur lärares frågor i klassrummet gör det möjligt att få reda på elevernas sätt att förstå det som undervisningen behandlar i matematik och naturvetenskap*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Erickson, G. (2007). In the path of Linnaeus: Scientific literacy re-visioned with some thoughts on persistent problems and new directions for science education. I C. Linder, L. Östman, & P-O. Wickman (red.) *Promoting scientific literacy: Science education research in transaction. Proceedings of Linnaeus tercentenary symposium held at Uppsala University, Uppsala, Sweden, May 28-29, 2007*. 18-41. Uppsala: Uppsala Universitet.
- Flannery, M. C. (1991). Science and aesthetics: A partnership for science education. *Science Education*, 75, 577-593.
- af Geijerstam, Å. (2006). *Att skriva i naturorienterande ämnen i skolan*. Acta Universitatis Upsaliensis. Studia Linguistica Upsaliensia.
- Gibbons, P. (1998). Classroom talk and the learning of new registers in a second language. *Language and Education*, 12, 99-118.
- Girod, M. & Wong, D. (2002). An aesthetic (Deweyan) perspective on science ideas: Case studies of three fourth graders. *The Elementary School Journal*, 102, 199-224.

- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies. I P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie (red.) *Metaphor and analogy in science education*. 11-24. Dordrecht: Springer.
- Harlen, W. (1996a). *The teaching of science in primary schools*. London: David Fulton Publishers Ltd.
- Harlen, W. (1996b). Inledning: Varför naturvetenskap? Vilken sorts naturvetenskap. I W. Harlen (red.) *Våga språnget! Om att undervisa barn i naturvetenskapliga ämnen*. 9-19. Stockholm: Almqvist & Wiksell Förlag.
- Harlen, W. (2008). *Constructivism, inquiry and the formative use of assessment in primary school science education*. Seminarium på Lärarhögskolan i Stockholm 2008-02-14.
- Hayes, D., Symington, D., & Martin, M. (1994). Drawing during science activity in the primary school. *International Journal of Science Education*, 16, 265-277.
- Helldén, G. (2002). En longitudinell studie av lärande om ekologiska processer. I H. Strömdahl (red.) *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat*. 227-244. Lund: Studentlitteratur.
- Helldén, G., Lindahl, B., & Redfors, A. (2005). Lärande och undervisning i naturvetenskap – en forskningsöversikt. *Vetenskapsrådets rapportserie, rapport 2, 2005*. Stockholm: Vetenskapsrådet.
- Holmqvist, M. (2006). Att teoretisera lärande. I M. Holmqvist (red.) *Lärande i skolan. Learning study som skolutvecklingsmodell*. 9-27. Lund: Studentlitteratur.
- Holmqvist, M. (2008). Lärandets pedagogik. Hämtat 2008-05-30 från www.vr.se
- Jakobson, B. (2008). *Learning science through aesthetic experience in elementary school. Aesthetic judgement, metaphor and art*. Stockholm: Stockholms universitet, Institutionen för utbildningsvetenskap med inriktning mot matematik och naturvetenskap.
- Jakobson, B. & Marand, E. (1996). *Bomull är fast fast den är mjuk. Att undervisa i fysik och kemi utifrån barns tankar och förståelse*. Stockholm: Lärarhögskolan i Stockholm, Institutionen för matematik och naturvetenskap.
- Jakobson, B. & Wickman, P-O. (2007). Transformation through language use: Children's spontaneous metaphors in elementary school science. *Science & Education*, 16, 267-289.
- Jakobson, B. & Wickman, P-O (2008). The roles of aesthetic experience in elementary school science. *Research in Science Education*, 38, 45-65.
- Jakobson, B. & Wickman, P-O. (manuskript). "What difference does art make in science? A comparative study of elementary school children". Opublicerat manuskript.
- Jakobson, B. & Wickman, P-O. (2008). Art in science class vs. science in art class. A study in elementary school. *Education & Didactique*, 2, 141-157.
- Jorde, D. (2007). Promoting science inquiry – new possibilities using ICT. I C. Linder, L. Östman, & P-O. Wickman (red.) *Promoting scientific literacy: Science education research in transaction. Proceedings of Linnaeus tercentenary symposium held at Uppsala University, Uppsala, Sweden, May 28-29, 2007*. 148-151. Uppsala: Uppsala Universitet.

- Kant, I. (1791/2003). *Kritik av omdömeskraften*. Stockholm: Thales.
- Keogh, B. & Naylor, S. (1996). *Scientists and primary schools – a practical guide*. Sandbach, UK: Millgate House Publishers.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London: Continuum.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. I S. K. Abell & N. G. Lederman (red.) *Handbook of research in science education*. 831- 879. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Education*, 39, 497-521.
- Lederman, J. S. & Lederman, N. G. (2006). Development of valid and reliable protocol for the assessment of early childhood students' conceptions of nature of science and scientific inquiry. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA 2006.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science. Language, learning and values*. Norwood: Ablex Publishing.
- Lemke, J. L. (2001). Articulating communities: Sociocultural perspectives on science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 296-316.
- Lindahl, B. (2003). *Lust att lära naturvetenskap och teknik? En longitudinell studie om vägen till gymnasiet*. Göteborg: Göteborgs universitet.
- Lindberg, I. (2000). Samtalet som didaktiskt verktyg. I *Symposium 2000 – ett andraspråksperspektiv på lärande*, 63-85. Stockholm: Sigma Förlag.
- Linder, C., Östman, L., & Wickman, P-O. (red.) (2007). *Promoting scientific literacy: Science education research in transaction. Proceedings of Linnaeus tercentenary symposium held at Uppsala University, Uppsala, Sweden, May 28-29, 2007*. Uppsala: Uppsala Universitet.
- Linn, M., Davis, E. A., & Bell, P. (red.) (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah, London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lindström, L. (2005). Pedagogisk bedömning. I L. Lindström, & V. Lindberg (red.) *Pedagogisk bedömning. Att dokumentera, bedöma och utveckla kunskap*. 12-27. Stockholm: HLS Förlag.
- Lundegård, I. (2004). Att tända en eld. I I. Lundegård, P-O Wickman, & A. Wohlin (red.) *Utomhusdidaktik*. 81-96. Lund: Studentlitteratur.
- Martins, I. (2007). Contributions from critical perspectives on language and literacy to the conceptualization of scientific literacy. I C. Linder, L. Östman, & P-O. Wickman (red.) *Promoting scientific literacy: Science education research in transaction. Proceedings of Linnaeus tercentenary symposium held at Uppsala University, Uppsala, Sweden, May 28-29, 2007*. 56-63. Uppsala: Uppsala Universitet.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching. The role of history and philosophy of science*. London: Routledge.

- Muscari, P. G. (1988). The metaphor in science and in the science classroom. *Science Education*, 72, 423-431.
- Myndigheten för skolutveckling (2008). www.skolutveckling.se
- O'Neill, D. K., & Polman, J. L. (2004). Why educate "little scientists?" Examining the potential of practice-based scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 234-266.
- Osborne, J. Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, 1049-1079.
- Pilatou, V., & Stavridou, H. (2004). How primary school students understand mains electricity and its distribution. *International Journal of Science Education*, 26, 697-715.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Pramling, N. (2006). *Minding metaphors. Using figurative language in learning to present*. Göteborg: Göteborgs universitet.
- Pramling Samuelsson, I., Asplind Carlsson, M., Olsson, B., Pramling, N., & Wallerstedt, C. (2008). *Konsten att lära barn estetik. En utvecklingspedagogisk studie av barns kunnande inom musik, poesi och dans*. Stockholm: Norstedts Akademiska Förlag.
- Quale, A. (2002). The role of metaphor in scientific epistemology: A constructivist perspective and consequences for science education. *Science & Education*, 11, 443-457.
- Reiss, M. J. & Tunnicliffe, S. D. (2001). Students' understanding of human organs and organ systems. *Research in Science Education*, 31, 383-399.
- Renström, L. (1988). *Conceptions of matter. A phenomenographic approach*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Roberts, D. (2007). Linné scientific literacy symposium. Opening remarks. I C. Linder, L. Östman, & P-O. Wickman (red.) *Promoting scientific literacy: Science education research in transaction. Proceedings of the Linnaeus tercentenary symposium held at Uppsala university, May 28-29, 2007*. 9-17. Uppsala: Uppsala universitet.
- Rollnick, M. (1998). The influence of language on the second language teaching and learning of science. I W. W. Cobern (red.) *Socio-cultural perspectives on science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Root-Bernstein, R. S. (1996). The sciences and art share a common creative aesthetic. I A. I. Tauber (red.) *The elusive synthesis: Aesthetics and science*. 49-82. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- ROSE (2008). Hämtat 2008-05-13 från www.skolutveckling.se.
- Russell, T., Longden, K., & McGuigan, L. (1991). *Primary SPACE project. Research report. Materials*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Schoultz, J. (2002). Att utvärdera begreppsförståelse. I H. Strömdahl (red.) *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat*. 43-56. Lund: Studentlitteratur.

- Schoultz, J., Säljö, R., & Wyndhamn, J. (2001). Heavenly talk: Discourse, Artifacts, and children's understanding of elementary astronomy. *Human Development, 44*, 103-118.
- Schoultz, J., & Hultman, G. (2002). *Det är bra med NTA. Vi gör inte saker för att tråka ut oss utan för att lära oss. Utvärdering av elevers och lärares lärande och utveckling inom NTA-projektet*. Linköping: Linköpings universitet, Institutionen för tematisk forskning och Institutionen för utbildningsvetenskap.
- Seimears, C. M. (2007). Using radical and social constructivism for English language learners in science education. *International Journal of Arts and Sciences, 2*, 30-33.
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher, 27*, 4-13.
- Sjøberg, S. (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.
- Skolverket (2000). *Grundskolan. Kursplaner och betygskriterier*. Stockholm: Fritzes Offentliga Publikationer.
- Skolverket (2005). *Särtryck av rapport 255, 2005. En sammanfattning av TIMSS 2003*. Stockholm: Fritzes.
- Skolverket (2008). *PISA*. Hämtat 2008-05-13 från www.skolverket.se.
- Solomon, J. (1992). *Getting to know about energy*. London: The Falmer Press.
- Solomon, J. (1993). *Teaching science, technology and society*. Buckingham: Open University Press.
- Songer, N. B. (1998). Can technology bring students closer to science? I K. G. Tobin & B. J. Fraser (red.) *International Handbook of Science Education I*. 333-348. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Sutton, C. (1992). *Words, science and learning*. Buckingham: University Press.
- Szybek, P. (2002). Att kommunicera naturvetenskap: Världsbilder och livet i en värld. I H. Strömdahl (red.) *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat*. 115-137. Lund: Studentlitteratur.
- Säljö, R. (2000). *Lärande i praktiken. Ett sociokulturellt perspektiv*. Stockholm: Bokförlaget Prisma.
- Säljö, R. (2005). *Lärande och kulturella redskap. Om lärprocesser och det kollektiva minnet*. Stockholm: Norstedts Akademiska Förlag.
- Säljö, R., & Bergqvist, K. (1997). Seeing the light: Discourse and practice in the optics lab. I L. B. Resnick, R. Säljö, C. Pontecorvo & B. Burge (red.) *Discourse, tools, and reasoning: Essays on situated cognition*. 385-405. Berlin: Springer.
- Säljö, R. & Wyndhamn, J. (2002). Naturvetenskap som arena för kommunikation – ett sociokulturellt perspektiv på lärande. I H. Strömdahl (red.) *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat*. 21-42. Lund: Studentlitteratur.

- Trumbull, D. J., Bonney, R., & Grudens-Schuck, N. (2005). Developing material to promote inquiry: Lessons learned. *Published online 30 June 2005 in Wiley InterScience* (www.interscience.wiley.com).
- Vikström, A. (2005). *Ett frö för lärande: En variationsteoretisk studie av undervisning och lärande i grundskolans biologi*. Luleå: Luleå tekniska universitet
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vygotsky, L. S. (1975). *Thought and language*. Massachusetts: The Massachusetts Institute of Technology.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Watts, M. (2001). Science and poetry: Passion v. prescription in school science? *International Journal of Science Education*, 23, 197-208.
- Wickman, P-O. (2002). Vad kan man lära sig av laborationer? I H. Strömdahl (red.) *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat*. 97-114. Lund: Studentlitteratur.
- Wickman, P-O. (2004). The practical epistemologies of the classroom: A study of laboratory work. *Science Education*, July 25, 1-20.
- Wickman, P-O. (2006). *Aesthetic experience in science education: Learning and meaning-making as situated talk and action*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wickman, P-O. & Jakobson, B. (2005). Den naturvetenskapliga undervisningens estetik. En studie av praktiska epistemologier. *Utbildning & Demokrati. Tidskrift för didaktik och utbildningspolitik*, 14, 81-100.
- Wickman, P-O. & Jakobson, B. (i tryck). Estetiska lärprocesser i naturvetenskap: Att behandla en förgiftning. I S. Selander & F. Lindstrand (red.) *Estetiska lärprocesser*. Lund: Studentlitteratur.
- Wickman, P-O. & Östman, L. (2002). Learning as discourse change: A sociocultural mechanism. *Science Education*, March 9, 1-23.
- Wittgenstein, L. (1953/1992). *Filosofiska undersökningar*. Stockholm: Thales.
- Wittgenstein, L. (1969/1992). *Om visshet*. Stockholm: Bokförlaget Thales.
- Zeidler, D. L. (2007). An inclusive view of scientific literacy: Core issues and future directions. I C. Linder, L. Östman, & P-O. Wickman (red.) *Promoting scientific literacy: Science education research in transaction. Proceedings of the Linnaeus tercentenary symposium held at Uppsala university, May 28-29, 2007*. 72-84. Uppsala: Uppsala universitet.
- Östman, L. (1995). *Socialisation och mening. No-utbildning som politiskt och miljömoraliskt problem*. Stockholm: Almqvist & Wiksell International.



Utbildningsförvaltningen 2009

Den här rapporten finns att ladda ned som pdf-fil på

http://www.edu.stockholm.se/templates/MTPage_3430.aspx