

# Ett frö för lärande

– *En variationsteoretisk studie av undervisning  
och lärande i grundskolans biologi*

Anna Vikström

Luleå tekniska universitet  
Institutionen för utbildningsvetenskap



## **Abstract**

Vikström, A. (2005). *A seed for learning. A variation theory study of teaching and learning in biology*. Doctoral thesis no: 2005:14

ISSN: 1402-1544 ISRN: LTU-DT--05/14--SE

Department of Educational Sciences. Luleå University of Technology.

Key words: science education, life cycles, ecological understanding, variation theory, teaching and learning, teachers' competence, teachers' professional development.

The background of the study is an action research study described in a licentiate thesis (Vikström, 2002). In that licentiate study six teachers extended their reflective focus in science teaching from a limited focus upon activities where learning of the content was taken for granted to a focus upon both the content and their students' understanding of that content. This extension of reflective focus was seen as a premise for further professional development.

The research focus in this doctoral thesis, carried out together with the same six teachers, is the relationship between teaching and learning of a specific object of learning, the life cycle of angiosperms, concerning matters such as sexual reproduction, photosynthesis and cellular respiration. Within the framework of variation theory, experienced critical aspects of the object of learning are compared with the patterns of variation in the enacted object of learning. Video-recorded lessons and interviews with teachers and pupils provided the researcher with data about how the teachers handled, and related to the object of learning and how the pupils' understanding developed. The result shows that it is possible for even very young pupils to develop their understanding of abstract biological phenomena, if that possibility is offered to them in school. The opportunity to learn is in turn provided by the created patterns of variation, which make discernment of critical aspects possible. The teachers' professional competence, meaning their competence for promoting pupils' learning by forming patterns of variation, also developed. An overall conclusion is that collaboration between researchers and teachers in such a process of curriculum improvement is a way to increase and accumulate teachers' professional knowledge.



## **Förord**

Ett förord inleder en avhandling men består väl egentligen av ett efterord och en tillbakablick. Jag inledde min forskarutbildning hösten 2001 och det känns som igår, vart tog tiden vägen? Samtidigt upplever jag att jag fått vara med om en lång och spännande resa som varit oerhört lärorik. Resan har varit lustfylld hela vägen ända fram till dessa allra sista veckor då de svåra slutgiltiga besluten skulle tas. Jag tror att alla doktorander känner igen sig i den vända som kommer med insikten att nu måste man faktiskt dra ett streck, avsluta arbetet och bestämma sig för att detta nu får vara den slutgiltiga versionen. Jag har inte varit ensam resenär, det finns många människor som hjälpt mig på vägen och utan dem hade jag aldrig kommit fram. Jag vill därför tacka er alla...

### *Deltagarna...*

Annika, Birgit, Cajsa, Doris, Eva och Frida och era elever, utan er hade ingenting av detta varit möjligt. Ni tog emot mig i era klassrum, delade med er av er tid och era tankar och gav mig förutsättningarna för att skriva en avhandling av detta slag. Tack för att jag fick lära tillsammans med er!

### *Mina handledare...*

Professor Britta Carlsson, du är den som betytt mest för att avhandlingen skulle bli skriven överhuvudtaget. Minns du personalkonferensen hösten 1997 i våra gamla lokaler i A-huset, där den inbjudan från Skolverket presenterades som blev starten till det kompetensutvecklingsprojekt som väckte mitt forskningsintresse? Du var den som uppmuntrade mig att söka projektpengarna, utan dig tror jag inte det hade blivit av. Du var också den som uppmuntrade mig att söka forskarutbildningen och du var den som gav mig tilltron till att jag skulle klara av att skriva licentiatuppsatsen på den korta tid jag den gången fick till mitt förfogande. Din förmåga att som handledare komma med just det som behövs, just när det behövs, har betytt oerhört mycket. Trots att din hälsa inte tillät dig att delta fullt ut under detta sista år har du hela tiden kommit med kritiska och konstruktiva synpunkter på mina texter, sett det som jag inte sett själv och därigenom hjälpt mig att förbättra dem. Tack Britta! Du vet att jag önskar dig allt gott!

Professor Mikael Alexandersson, du är den som öppnade de sista stängda dörrarna för mig och handledde mig ända fram. Dina kunskaper och erfarenheter har varit ovärderliga och din handledning har fört mig framåt med steg som varit alldeles lagom stora. Du har läst mina texter och rakt och ärligt kritiserat dem, men gjort det med humor, värme och en alltid lika hoppingivande inställning som stärkt mitt självförtroende och fått mig att se värdet i det jag gjort. Tack för den tid du tillbringat i Luleå och tack för att du ägnade en stor del av din tid här åt mig!

#### *Dessutom...*

Filosofie doktor Åke Ingerman, som under denna sista vinter fungerat som extra coach. Din analytiska förmåga och din ”bollplanksfunktion” löste upp många knutar, tack för det! Dessutom fick du mig att använda power-point och det var en pedagogisk bedrift i sig. Ständigt glad och närvarande, fysiskt, via e-mailen, telefon eller sms, har du positivt och engagerat bistått mig i stort som smått, allt ifrån teorier till kommatecken. Tack för allt Åke!

#### *Mina arbetskamrater...*

Per Lind och Anders Söderlund för att ni hjälpt mig med allt det som en teknikblyg person som jag har svårt för; videokameror, mikrofoner, fickminnen, chips, programvara, tabeller, figurer, PDF-filer...tack Anders och Per!

Gunnar Jonsson, som läst mina texter och kommit med värdefulla synpunkter, inte minst på resultatkapitlet. Ingalill Danielsson, som planterat tomater åt mig, det betyder mycket mer än du tror! Tack till er bägge!

#### *Till sist...*

Min familj, Jan Axel, Linnea, Karin och Martin, kärlek är viktigare än allt annat, jag älskar er!

Luleå 21 april 2005-04-20

*Anna Vikström*

# Innehållsförteckning

## 1 Frågeställningarna och bakgrunden

Inledning	1
Avhandlingens disposition	3
Avhandlingens forskningsfrågor	3
Från görande till rikare lärande	4
Licentiatuppsatsens syfte	4
Bakgrund	4
Deltagare	6
Metod och teoretisk grund	7
Resultat	11
Sammanfattning och diskussion	14

## 2 Forskningsområdet

Forskningen och skolans utveckling	19
Forskning inom naturvetenskapernas didaktik	20
Forskningsområdet	20
Studier av lärares kompetens	22
Elevers förståelse av biologiska processer	24
Forskning om undervisning och lärande	28

## 3 Teoretiska perspektiv på lärande

Tre metaforer för lärande	31
Förvärvandemetaforen—de konstruktivistiska perspektiven	31
Konstituerandemetaforen och deltagandemetaforen— variationsteoretiska och sociokulturella perspektiv	32
Kunskapen och relationen människa—värld	33
Synen på förståelse som lärandets mål	34
Lärandets mekanismer, språkets roll och relationen undervisning—lärande	37
Forskningens objekt och metoder	42
Definitioner av centrala begrepp	45
Variationsteoretiska termer och begrepp	46

## 4 Metod

Inledning	51
Datainsamling	51
Studiens design	51

Deltagare	53
Planeringsmöten	54
Inledande elevintervjuer	57
Observationer	58
Videofilmat lektionstillfälle	59
Stimulated recall intervjuer med lärarna	61
Avslutande elevintervjuer	62
Analys	64
Analys på individnivå	65
Analys på kollektiv nivå	67
Etiska hänsyn	69

## 5 Resultat

Inledning	71
Resultatredovisningens disposition	71
Lärarnas undervisning	72
Karaktärer hos attributen	77
Tema A "Fröet bildas i en blomma"	78
Elevernas förståelse före undervisning	79
Gemensamma kunskaper efter undervisning	80
Variationen i sätt att förstå tema A	81
Kategori 1A	82
Kategori 2A	84
Kategori 3A	93
Sammanfattning och diskussion av tema A	96
Tema B "Fröet och plantan växer"	101
Elevernas förståelse före undervisning	101
Gemensamma kunskaper efter undervisning	103
Variationen i sätt att förstå tema B	104
Kategori 1B	105
Kategori 2B	108
Kategori 3B	115
Kategori 4B	121
Sammanfattning och diskussion av tema B	127
Förståelsen för cellandningen	132
Förståelsen för fotosyntesen	134
Förståelsen för materians transformation och energins flöden	135
Metaforer och vetenskapliga begrepp	137
Jämförelse av tema A och tema B	139



<b>6 Avslutande diskussion</b>	
Metoddiskussion	141
Urvalet av deltagare	141
Undervisningen	142
Elevernas förståelse	144
Studiens kunskapsanspråk och kvalitet	147
Elevers lärande, lärares kompetens och praxisnära forskning	149
Vad består elevernas lärande av?	150
Hur uppstår och utvecklas förståelsen?	150
Vad måste erbjudas i undervisningen?	152
Vilka krav ställer detta på lärarens kompetens?	154
Hur utvecklas lärares kompetens?	159
Praxisnära forskning	162
<b>Summary</b>	165
<b>Referenser</b>	185
<b>Bilagor</b>	



# 1 Frågeställningarna och bakgrunden

## Inledning

Denna avhandling behandlar relationerna och sambanden mellan elevers lärande och lärares undervisning och kompetens. Detta har studerats med utgångspunkt i lärandet av ett särskilt innehåll, ett specifikt lärandeobjekt. Lärandeobjektet har utgjorts av fröväxters livscykel och biologiska processer kopplade till detta. Sex lärare har i studien undervisat sina elever i avsikt att åstadkomma särskilda sätt att förstå fröväxters livscykel. I sin undervisning har de iscensatt lärandeobjektet på olika sätt och detta har resulterat i olika sätt att förstå det på hos eleverna. Det som studerats är hur dessa olika sätt att förstå uppstått, *vad* i undervisningssituationen och interaktionen mellan lärare och elever som åstadkommit skillnaderna i förståelsen.

Det forskningsintresse som här kommit till uttryck har en lång historia som tog sin början redan under mina femton år som grundskollärare. Det har sedan utvecklats vidare under de tio år jag arbetat som lärarutbildare. Samarbetet med de sex lärarna i denna studie tog sin början hösten 2000 och resulterade 2002 i en licentiatuppsats (Vikström, 2002). I uppsatsen beskrivs en aktionsforskningsstudie av deras naturvetenskapliga undervisning där fokus ligger på lärarnas eget lärande och professionella utveckling. Resultatet av studien visar bland annat på att lärarnas sätt att reflektera över sitt arbete förändrades, men i vilken grad dessa sex lärare omsatte sin fördjupade och utökade reflektion i faktisk handling förblev en obesvarad fråga, liksom frågan om hur denna förändrade reflektion påverkade elevernas lärande. Detta är frågor som kommer att behandlas i denna avhandlingsstudie. Här har jag fortsatt att följa de sex lärarna i deras arbete, men forskningsfokus har nu förskjutits till studier av relationerna mellan lärarnas undervisning och elevernas lärande. Avhandlingen behandlar på detta sätt en kedja av samband, från utvecklingen av lärarnas kompetens till de uttryck detta tagit sig i deras undervisning och slutligen vilket lärande undervisningen resulterat i hos eleverna.

Naturvetenskap som allmänbildning framstår allt oftare som det kanske viktigaste argumentet för att naturvetenskapliga ämnen ska ges en betydande plats i svensk skola. Naturvetenskap i grundskolan har

kanske också i alltför hög utsträckning motiverats för sin studieförberedande funktion. Vikten av naturvetenskaplig bildning som en förutsättning för en hållbar samhällsutveckling är något som det råder stor enighet om i både vårt land och internationellt (se till exempel Roberts & Östman, 1998; Sjöberg, 2000, 2002; Skolverket 2001). ”Att lära för hållbar utveckling— betänkande av kommittén för utbildning för hållbar utveckling” (SOU 2004:104) liksom FN:s resolution 57/254 som proklamerar ”Dekad för utbildning för hållbar utveckling” är ytterligare exempel på framhållandet av sambandet mellan utbildning och hållbar utveckling.

Naturvetenskaplig allmänbildning och förståelse kan i sin tur innebära olika saker och vara av olika kvalitet. Vissa sätt att förstå något kan vara ändamålsenligare än andra sätt att förstå samma sak. Ska vi till exempel förstå begreppet kretslopp på ett visst sätt är förståelsen av vissa grundläggande naturvetenskapliga begrepp nödvändiga. Alla svar eller lösningar är då inte lika bra i förhållande till en viss fråga eller ett visst problem. Ekologisk förståelse kan betyda att ha insikter om naturens möjligheter och begränsningar, som exempelvis de insikter som Carlsson (1999) beskriver: insikten om fotosyntesen som grunden för allt liv på jorden, insikten om materians cirkulation och insikten om solenergin som basen för energiförsörjningen hos allt levande. Detta synsätt har varit den viktigaste drivkraften i mitt arbete som lärare på olika nivåer från grundskola till universitet. Som lärare har jag också blivit alltmer nyfiken på frågor om undervisning och lärande av naturvetenskap och i min forskarutbildning har jag nu fått förmånen att studera detta närmare.

Ett övergripande resultat av denna studie är att även mycket unga elever kan utveckla sin förståelse för abstrakta biologiska processer kopplade till växters liv om de får möjlighet att genom undervisning utveckla denna förmåga. Denna möjlighet är i sin tur kopplad till lärarnas kompetens. Då dessa biologiska processer är intimt förknippade med den ekologiska förståelse jag berört ovan, innebär resultatet i ett större perspektiv att det i skolan finns goda möjligheter att utveckla elevers förståelse för den ekologiska innebörden av begreppet hållbar utveckling.

## Avhandlingens disposition

Den studie som beskrivs i licentiatuppsatsen *Från görande till rikare lärande* (Vikström, 2002) ska betraktas som den första delen av avhandlingen och denna följs nu alltså av en avhandlingsstudie. I detta första kapitel formuleras de forskningsfrågor som varit centrala i studien och därefter ges en bakgrund till dessa frågor genom en sammanfattning av licentiatuppsatsen. I kapitel 2 redogörs för forskningsområdet i stort och för delar av tidigare forskning som är av särskilt intresse för denna studie. Kapitel 3 beskriver olika teoretiska perspektiv på lärande och då främst de perspektiv som utgör avhandlingens teoretiska ramverk; det variationsteoretiska och de sociokulturella perspektiven på lärande. I kapitel 4 följer en beskrivning av den metod som använts och studiens metodologiska grund, intimt förknippad med teorin i kapitel 3. Kapitel 5 beskriver och diskuterar avhandlingsstudiens resultat och i kapitel 6 förs en avslutande diskussion om metoden och om det som utgör det övergripande resultatet av avhandlingen som helhet.

## Avhandlingens forskningsfrågor

Det finns frågor som varit av övergripande intresse allt sedan den studie startade som beskrivs i sammanfattningen av licentiatuppsatsen nedan. Detta handlar om frågor om lärares eget lärande och då framför allt lärares möjligheter att lära i sin egen praktik och vad detta i sin tur betyder för hur de kan utveckla sin naturvetenskapliga undervisning. Lärarnas lärande har varit intressant också i denna studie, men till skillnad från i den föregående studien har nu även elevernas lärande studerats. Relationen mellan undervisning och lärande har stått i fokus och de bägge processerna har studerats med samma teoretiska verktyg. Den centrala forskningsfrågan har varit:

- *På vilka olika sätt kan lärandeobjektet förstås i termer av de kritiska aspekter som erfars, och hur förhåller sig förståelsen till hur dessa aspekter behandlats i undervisningen?*

Det jag ville finna kunskap om var de olika sätt lärare behandlar lärandeobjektet fröväxters livscykel på, och hur detta i sin tur påverkar elevernas förståelse av innehållet. Under arbetets gång uppstod också nya frågor på ett sätt som jag kommer att redogöra närmare för i kapitel 3 och 4. Denna under själva studien uppkomna frågan skulle kunna formuleras:

- *Hur kan kritiska aspekter definieras, och vilken roll spelar själva karaktären hos dessa aspekter för hur olika sätt att förstå lärandeobjektet uppstår?*

## **Från görande till rikare lärande**

### **Licentiatuppsatsens syfte**

I licentiatuppsatsen *Från görande till rikare lärande. En aktionsforskningsstudie av två arbetslags arbete med naturvetenskap i skolår 1-6* (Vikström, 2002) beskrivs ett kompetensutvecklingsprojekt som utvecklades till en aktionsforskningsstudie. Denna uppsats kommer nu att kort sammanfattas och då redogörs främst för de delar av uppsatsen som haft störst betydelse för denna avhandlingsstudie. Den intresserade läsaren hänvisas till uppsatsen för ytterligare klargöranden. De två forskningsfrågor som ställdes i uppsatsstudien behandlade lärares lärande och professionella utveckling inom det naturvetenskapliga området:

- *I vilken utsträckning kan lärarna utvecklas professionellt genom att lära att lära i sin praktik så att skolans naturvetenskapliga undervisning genom detta också utvecklas?*

samt

- *Vilka kritiska faktorer för denna professionella utveckling kan beskrivas?*

### **Bakgrund**

Bakgrunden till forskningsfrågorna var ett av Skolverket finansierat kompetensutvecklingsprojekt i naturvetenskap för lärare i de tidigare skolåren där jag själv varit verksam under åren 1997 till 2000. Under dessa år träffade jag bortåt tvåhundra lärare i olika former av fortbildning i naturvetenskap. En förutsättning för att erhålla medel från Skolverket var att fortbildningen skulle utformas i dialog med skolorna och utgå från deras behov. Fortbildningen utformades därför med utgångspunkt i lärarnas önskemål och genomfördes dessutom i deras egen skolmiljö. Under dessa förutsättningar ledde jag fler än hundra fortbildningsdagar med lärare för de tidiga skolåren. Innehållet i fortbildningen var mångskiftande och berörde många naturvetens-

kapliga områden men ekologistudier var det som övervägde. Experiment och naturstudier i närmiljön växledes med studier av naturvetenskaplig teori och didaktik. De deltagande lärarna, liksom fallet är med flertalet lärare som arbetar med skolår ett till sex, hade begränsad utbildning och erfarenhet från det naturvetenskapliga området. Fortbildningen erbjöd dem nu kunskaper och färdigheter de direkt kunde omsätta i sin egen undervisning vilket var mycket uppskattat och naturvetenskapen fick också tack vare fortbildningen en större plats i dessa lärares undervisning. Kompetensutvecklingsinsatserna mottogs därför tacksamt av lärarna och det positiva resultatet rapporterades årligen till Skolverket (Vikström, 1998; 1999; 2000; 2001).

Mina erfarenheter från detta kompetensutvecklingsprojekt var dock inte enbart positiva, de ledde också fram till upptäckten av problem. Lärarna ville *lära att göra* det vill säga lära sig aktiviteter att ”härma” så att de kunde ”klara av den svåra naturvetenskapen”. När några aktiviteter lärts och provats i lärarnas egen undervisning efterfrågades nya. Elevernas lärande av innehållet togs för givet och problematiserades inte. Lärarna var fokuserade på aktiviteterna som sådana, inte på det lärande av innehållet som aktiviteterna ledde till hos eleverna. Denna upptäckt är det fler som gjort, se till exempel Alexandersson (1994a). Osborne & Simon (1996) beskriver *primary science teachers* undervisningsfokus som processororienterat och menar att detta innebär att vikten läggs vid att lära sig det undersökande arbetssättet, det handlar om *learning to do science* i stället för *learning about science*. I Osborne & Simons artikel berörs också detta i en diskussion om vad målstyrda kursplaner för grundskolans naturvetenskap har inneburit för lärares möjligheter att klara sitt uppdrag inom detta område. När arbetsformer och processer står i fokus och en lärare själv kan välja innehåll så finns möjligheten att undvika den naturvetenskap där man upplever brister i den egna kompetensen. Kursplaner med innehållsliga målformuleringar kan därför leda till känslor av otillräcklighet då läraren kan tvingas välja mellan att undervisa inom områden där kompetensen saknas, eller att välja bort vissa mål helt. Osborne & Simons slutsats är att satsningen på *primary science* inneburit att helt realistiska krav ställts på lärarna i de tidiga skolåren. I mitt samarbete med lärarna gjorde jag liknande iakttagelser och insåg allt mer att ett skifte från fokus på den naturvetenskapliga processen till det naturvetenskapliga innehållet i

sin tur skulle sätta fokus på lärarnas kunskaper och förståelse av naturvetenskap.

Det jag upplevde var att någon egentlig utveckling av lärarnas kompetens inte kom till stånd utöver direkt "härkning" och framförallt såg jag små möjligheter att lärarna skulle fortsätta att utveckla sin undervisning även efter det att projektet avslutats. Kompetensutvecklingsinsatser har till syfte att öka lärares kompetens att utföra sitt arbete. Min syn på kompetensbegreppet sammanfaller med den som framförs av Alexandersson (1994b) där kompetens ses som en relation mellan individ och uppgift som kan framträda i dels en kunskapsdimension, dels en färdighetsdimension vilka tillsammans möjliggör en kompetent handling. Även om lärarna via denna fortbildning kände sig tryggare i sin naturvetenskapliga undervisning upplevde jag deras kompetensutveckling som otillfredsställande främst för att det naturvetenskapliga innehållet inte fokuserades utan togs för givet.

Därför startade aktionsforskningsprojektet våren 2001 i syfte att få lärarna att *lära att lära*, främst genom fördjupad och kritisk reflektion över *vad* eleverna skulle lära sig, vad det egentligen innebär att förstå ett visst innehåll i kvalitativ mening, och vad detta i sin tur ställde för krav på lärarens egen förståelse. Min hypotes var att om lärarna på olika sätt kunde stödjas att mer medvetet studera sina elevers lärande av det naturvetenskapliga innehållet så skulle detta leda till att deras medvetenhet också riktades mot det egna tänkandet och förståelsen (Alexandersson, 1994a). Ett tiotal lärarlag som deltagit i kompetensutvecklingsprojektet erbjöds att delta och två av dem anmälde sitt intresse, något särskilt urval gjorde jag alltså inte, snarare var det så att just dessa lärare valde mig.

### **Deltagare**

De två lärarlag som anmälde sitt intresse när de inledande samtalen inför aktionsforskningsstudien startade på hösten år 2000 var lärarlaget från Fjärdskolans, Annika, Birgit och Cajsa, samt lärarlaget från Backskolan bestående av Doris, Eva och Frida. Samma lärare har varit deltagare även i denna avhandlingsstudie och deras deltagande byggde alltså redan från början på ett särskilt intresse. Både skolornas och lärarnas namn är fingerade. Fjärdskolans och Backskolans hade deltagit i flera år i kompetensutvecklingsarbetet tillsammans med mig, Fjärdskolans sedan 1997 och Backskolans sedan 1999. På Fjärdskolans



har Birgit deltagit alltsedan starten 1997, medan Annika och Cajsa kom in i samarbetet 1999 samtidigt som Backskolans lärare. Dessa bägge skolor har ett flertal gemensamma nämnare. De ligger bägge på landsbygden ett par mil utanför en mellanstor stad. Skolorna är små, enparallelliga enheter som har elever från förskoleklass till skolår sex. Från och med årskurs sju reser eleverna in till staden för fortsatt skolgång. Skolornas omgivning med skog, sjö och odlingslandskap har gett naturliga möjligheter till det som kan sägas vara deras profilering; intresset och satsningen på natur- och miljöundervisning i olika former.

Alla sex lärarna har lång yrkeserfarenhet som i dag (år 2005) varierar mellan femton och tjugofem år. De är utbildade till lågstadie- eller mellanstadielärare, alternativt fritidspedagog eller förskollärare med vidareutbildning till 1-7 lärare med inriktning mot svenska och samhällsorientering. Ingen av dem har utbildning i naturvetenskap på eftergymnasial nivå utöver den de fått i de obligatoriska delarna av sin lärarutbildning eller via fortbildning. Detta innebar att de hade begränsade kunskaper och erfarenheter av naturvetenskap när vårt samarbete startade men att deras kunskaper samtidigt var representativa för majoriteten av de lärare som arbetar med elever i de tidiga skolåren. Det viktigaste som dessa sex lärare hade gemensamt var dock att de hade liknande drivkrafter för sitt arbete som jag; ett uppriktigt intresse och engagemang i skolans natur- och miljöundervisning och en önskan att utveckla densamma.

### **Metod och teoretisk grund**

Studien som beskrivs i uppsatsen hade det för aktionsforskning typiska cykliska förloppet, från en planeringsfas till genomförande och en avslutande utvärderingsfas (se t ex Carr & Kemmis, 1986; McNiff, 2002; Rönnerman, 2004; Zeichner & Noffke, 2001). Datainsamlingen och den värderande analysen från en aktionscykel kom att påverka designen på den följande. I aktionsforskningens karaktär ligger också det dubbla syftet, i min studie bestod detta i att dels finna svar på forskningsfrågorna, dels i att hjälpa lärarna att utveckla sin naturvetenskapliga undervisning. All datainsamling och analys som gjordes i studien tjänade också detta dubbla syfte.

I studien genomfördes fyra aktionscykler tillsammans med de sex lärarna i de bägge lärarlagen. Varje cykel omfattade ett naturvetenskapligt tema med ett i huvudsak ekologiskt innehåll. Som

lärarutbildare och forskare samarbetade jag med lärarna genom aktionscyklernas alla faser; från planering och genomförande till den reflekterande utvärderingsfasen. Min roll var inte enbart forskarens, jag var också handledaren och fortbildaren som på många olika sätt bistod lärarna i deras arbete. Aktionscyklerna pågick mellan tre och fem månader vardera och genomfördes från januari 2001 till juni 2002. I juli 2001 blev jag antagen till forskarutbildning i lärande vid Luleå tekniska universitet och kunde därmed knyta aktionsforskningsprojektet till denna.

Under studien användes ett flertal datainsamlingsmetoder. Jag som forskare förde omfattande anteckningar och reflekterade skriftligt över alla kontakter som förekom mellan mig och lärarna. Lärarna bidrog med egna skriftliga reflektioner. Planerings- och måldokument utgjorde kompletterande skriftlig dokumentation. Gruppintervjuer och individuella intervjuer med lärarna genomfördes, liksom många klassrumsbesök. Eleverna intervjuades inte av mig, däremot av lärarna själva, intervjuer som de sedan delgav mig sina reflektioner över. Det datamaterial jag fick tillgång till var alltså lärarnas reflektioner i tal och skrift gällande den egna undervisningen och elevernas lärande. Datamaterialet från varje aktionscykel utsattes för en kontinuerlig analys som sedan låg till grund för påföljande aktionscykels utformning. I detta analysarbete var också lärarna delaktiga eftersom deras möjlighet att reflektera över resultatet av vårt samarbete sågs som mycket viktig för lärarnas eget lärande. Genom detta sätt att arbeta blev också analysen kontinuerligt validerad i praxis. Även om lärarnas deltagande i den kontinuerliga analysen ansågs ge värdefulla bidrag till studiens dubbla syfte gav jag hela tiden mig själv som forskare tolkningsföreträdare, jag var den som tog ansvaret för studiens vetenskapliga bidrag. Jag betraktade lärarna som aktionslärande och mig själv som aktionsforskare (Elliot, 1991; Revans, 1982). Detta innebar i praktiken inget problem, samstämmigheten mellan våra respektive tolkningar var mycket god. Lärarnas bekräftelse av resultatet var det som gav studien dess pragmatiska validitet (Kvale, 1997).

Aktionsforskning ses ibland som problematisk och kontroversiell. Det finns till exempel olika uppfattningar om vad som är "äkta" aktionsforskning och vad som inte är det. Ofta definieras den utifrån deltagarnas olika roller i teknisk, praktisk och frigörande (emancipativ) aktionsforskning. I teknisk aktionsforskning har

forskaren initiativet, ställer forskningsfrågorna och styr processen. Praktisk aktionsforskning kännetecknas av en högre grad av inflytande från deltagarnas sida medan det i den frigörande aktionsforskningen eftersträvas att alla deltagare skall delta på lika villkor. Ingen deltagare är då mer "forskare" än någon annan (Carr & Kemmis, 1986; Zeichner, 1993; Zuber-Skerritt, 1996). Jag har ovan beskrivit de roller jag och de deltagande lärarna hade i detta aktionsforskningsprojekt som att vi var aktionsforskare respektive aktionslärande. Detta innebar också en kollektiv kunskapsprocess, lärarna bidrog till mitt lärande lika mycket som jag till deras, vårt samarbete innebar därför en form av "self-study" (Zeichner & Noffke, 2001) för min egen del men vi deltog med olika utgångspunkter och hade olika roller och ansvarsområden. Liksom Zeichner (1993) och Zuber-Skerritt (1992) såg jag kritiskt på den hierarkiska synen på olika former av aktionsforskning och på diskussionen om hur aktionsforskning skulle klassificeras. Mitt och lärarnas samarbete skiftade i karaktär beroende på situationen och de behov som uppstod. Detta har jag utvecklat i min licentiatuppsats och jag avstår från att göra det vidare här. Det viktigaste särdraget hos aktionsforskning jämfört med andra forskningsparadigm, illustreras kanske bäst av att se på den engelska termen *action research*. "*Research—in—action*" säger mycket om vad det hela handlar om och det vi gjorde tillsammans uttrycker jag i uppsatsen som att genom att åstadkomma utveckling så kunde den också studeras.

Under aktionsforskningsstudien kom jag i kontakt med det teoretiska perspektiv på lärande som kallas variationsteori och som utvecklats ur den fenomenografiska forskningsansatsen. Variationsteorin ger möjlighet att studera undervisning och lärande med ett gemensamt teoretiskt ramverk. Med variationsteorin som redskap är det möjligt att beskriva lärandet som ett förändrat sätt att förstå ett innehåll i termer av de kritiska aspekter hos innehållet som urskiljs, men också att studera mekanismerna bakom hur dessa sätt att förstå kan uppstå och utvecklas (Marton & Booth, 1997; Marton, Runesson & Tsui, 2004). I denna avhandlingsstudie har variationsteorin utgjort det viktigaste teoretiska verktyget, men även de sociokulturella perspektiven på lärande har inspirerat och haft betydelse för hur studien genomförts och resultaten tolkats. I kapitel 3 och 4 redogörs för dessa bägge teoretiska perspektiv och hur de kommit till uttryck i studien.

Den aktionsforskningsstudie som beskrivs i licentiatuppsatsen hade inte ett lika tydligt teoretiskt ramverk som denna avhandlingsstudie. Jag gick in i aktionsforskningsstudien med ett diffusare och mindre preciserat forskningsintresse som sedan utvecklades under aktionscyklernas gång, vilket också medförde att mina egna teoretiska ställningstaganden utvecklades. Variationsteorin fanns dock med redan från början och användes på i princip tre olika sätt: Först i de samtal vi förde om målet med undervisningen där innehållets kritiska aspekter fokuserades i diskussionerna om det lärande som skulle åstadkommas hos eleverna, sedan i den undervisning lärarna för egen del fick delta i, där jag medvetet, och med utnyttjandet av variation, lyfte fram de kritiska aspekterna hos begreppet ekologisk förståelse som Carlson (1999) i sin fenomenografiska studie identifierat. I begränsad omfattning användes teorin i analysen av data och var då till hjälp att förstå och beskriva lärarnas olika utsagor.

I aktionsforskningens form skulle lärarnas kritiska reflektion över vad deras elever lärde sig av det naturvetenskapliga innehållet stimuleras. En förhoppning var att denna ökade reflektion skulle leda till professionell utveckling. Begreppen reflektion, lärande och utveckling blev därför centrala i studien. Reflektion är ett begrepp som varit föremål för många försök till karaktärisering, ofta i olika hierarkiska nivåer (se t ex Carr & Kemmis, 1986; Handal & Lauvås, 1987; Griffith & Tann, 1992; Uljens, 1997; Tiller 1999). Nivåerna kännetecknas där i stora drag av att den lägsta nivån är handlingsinriktad och den högsta kännetecknas av metareflektion. Jag valde att sympatisera med Zeichner (1994) som tar avstånd från det hierarkiska nivåtänkandet och menar att lärarens arbete med nödvändighet kännetecknas av reflektion på handlingsnivån. Zeichner (ibid.) ser istället på reflektion som något som försiggår inom olika domäner som alla är lika nödvändiga och viktiga.

En utgångspunkt i samarbetet var att lärarna skulle utveckla alla de didaktiska kunskapsbehov som Alexandersson (1994a) framför; kunskap om det specifika innehållet, kunskaper om hur eleven tänker kring detta innehåll, kunskaper om hur man som lärare kan stödja elevens förståelse av innehållet samt medvetenhet om denna interaktiva process. Ökad reflektion inom olika domäner, såväl praktiska och handlingsinriktade som mer teoretiska sådana, sågs i uppsatsen både som såväl ett medel för, som ett resultat av lärande. *Vad* lärarna reflekterade över menade jag vara kritiskt för det

erfarenhetslärande som hade möjlighet att äga rum. En reflektionsdomän som inte beträddes, och aspekter inom en domän som inte fokuserades, kunde då inte heller hjälpa läraren till ett nytt sätt att se på den naturvetenskapliga undervisningen, det vill säga påverka lärarens lärande. Enligt Dewey (1933) börjar en reflektionsprocess med att man stöter på en problematisk situation och tänkandet uppstår då ur hindret. Detta tänkande kunde dock enligt min mening inte uppstå hos lärarna eftersom lärandet av det naturvetenskapliga innehållet aldrig problematiserades, det togs helt enkelt för givet. Min uppgift blev därför att stödja och uppmuntra lärarnas reflektion på olika sätt. I detta synsätt fanns också den grundläggande standpunkten att lärande föregår utveckling och idéer om både lärarnas och deras elevers närmaste utvecklingszon (Vygotskij, 1999). Förhoppningen var att utmanande uppgifter skulle öka lärarnas tilltro till såväl sin egen som sina elevers förmåga att lära.

## **Resultat**

### *Aktionscykel 1-våren 2001*

Under den första actionscykeln med arbetslaget på Fjärdskolan handledde jag de tre lärarna genom ett tema kallat "Så ett frö" vars innehåll hade anknytning till den trädgårdsodling av olika slag som man arbetade med. De övergripande forskningsfrågorna om lärarnas lärande fanns med men av särskilt intresse var att öka lärarnas reflektion över *vad* eleverna lärde sig under temat. Detta skulle lärarna studera genom att följa elevernas lärande genom den portfoliomethodik som nyligen införts på hela skolan. Portfoliomethodiken innebar att eleverna skulle samla belysande exempel på sitt arbete i särskilda mappar där såväl lärandets resultat som process skulle kunna följas och diskuteras i samtal mellan elever, lärare och föräldrar. Lärarna insåg dock att portfolion, så som den var utformad, inte gav särskilt mycket kunskap om vad eleverna lärde sig och lärarna själva beslöt därför att i nästa actionscykel intervjua sina elever. För mig var detta ett tecken på att lärarna nu inte tog lärandet av innehållet lika mycket för givet.

### *Aktionscykel 2-hösten 2001*

Under den andra actionscykeln, "Insjön", med arbetslaget från Fjärdskolan innehöll temat ekologiska studier med anknytning till sjön i skolans närhet. Till denna cykel formulerade jag en specifik forskningsfråga med anknytning till de övergripande forskningsfrågorna: *Vad lär sig lärare av att studera sina elevers lärande?*

Temat inleddes och avslutades med att lärarna själva intervjuade samtliga elever. Fyra intervjuer per lärare transkriberades och användes vid en kombinerad utvärdering/gruppintervju vid slutet av temat. Här delgav mig lärarna sina reflektioner över hela temat men särskilt viktiga var reflektionerna över de elevintervjuer de genomfört. Lärarnas olika sätt att analysera sina elevers lärande blev värdefulla data för mig. Denna intervju spelades in på band och transkriberades av mig. I min analys koncentrerade jag mig nu mer på lärarna som individer och noterade därmed variationen mellan dem på ett annat sätt än vid föregående aktionscykel. Resultatet pekade på att lärarna i varierande grad uppmärksammade kvalitativa aspekter i elevernas lärande och att lärarens egen förståelse hade stor betydelse för detta. Brister i den egna förståelsen medförde en analys som var mer kvantitativ än kvalitativ, lärarna uttryckte sig då i ganska allmänna ordalag om att eleverna nu *”kunde mer än de kunde förut”* utan att kunna precisera sig närmare. Detta var något jag ansåg vara självklart men det som inte var lika självklart var vad lärarens egen medvetenhet om detta hade för betydelse. Lärarens egen förståelse av innehållet verkade också begränsa det som läraren trodde var möjligt för eleverna att förstå, *”det här är alldeles för svårt för eleverna”* var ett vanligt sätt att uttrycka sig. Följden av detta blev en växande insikt hos både mig och lärarna själva att lärarens egen förståelse var en överordnad aspekt för vad deras elever fick möjlighet att lära sig.

### *Aktionscykel 3-hösten 2001*

Planeringen av den första aktionscykeln tillsammans med arbetslaget från Backskolan hade startat redan under våren 2001 men arbetet med eleverna kom inte igång förrän på hösten. Denna aktionscykel sammanföll därför i tid med aktionscykel 2 på Fjärdskolan och min forskningsfråga var därför densamma. Innehållet i denna aktionscykel kallad *”Tema Skolträdgården”*, kopplades till den fina köksträdgård man anlagt på Backskolan och den biologiundervisning som bedrevs där. Även i denna aktionscykel intervjuade lärarna sina elever i början och slutet av temat och lärarnas både muntliga och skriftliga reflektion över dessa intervjutranskript utgjorde mitt viktigaste dataunderlag. Resultatet av dessa bägge aktionscykler, *”Insjön”* och *”Skolträdgården”* bekräftade varandra på många sätt. Lärarnas syn på elevernas lärande kunde vara mer eller mindre kvalitativ. Svårigheterna med att analysera elevernas lärande blev allt uppenbarare även för lärarna själva och insikten om betydelsen av den egna förståelsen blev allt mer explicit. Lärarna hade hela tiden, och på olika sätt, beskrivit för

mig att de tyckte ”*naturvetenskap var svårt*” och att de ”*undvek det de inte kunde*”. Skillnaden blev nu att lärarna kunde precisera *vad* de inte kunde och att deras medvetenhet om vad bristerna i sin tur betydde för elevernas lärande ökade. Ökade gjorde också medvetenheten om att dessa brister inte avhjälpes enbart med att lära sig härma aktiviteter. Själv hade jag efter dessa aktionscykler lärt mig att lärarna kunde intervjua sina elever med olika syften, antingen för att utnyttja dem för kontroll av de utförda undervisningsinsatsernas effekt på elevernas lärande eller som ett redskap för läraren att lära sig mer om elevernas förståelse och utnyttja detta i sin undervisning. Diskussioner om hur intervjuer kan genomföras och intervjuernas funktion blev därför ett exempel på något som vi nu tillförde samarbetet.

#### *Aktionscykel 4-våren 2002*

Den fjärde och sista aktionscykeln, ”Amaryllisen” var gemensam för de två arbetslagen från Fjärdskolan och Backskolan. Tillsammans med ytterligare ett tjugotal lärare fick de nu möjlighet att delta i en 10 poängs universitetskurs i ekologi. För första gången fick nu de sex lärarna chansen att i större omfattning studera naturvetenskap för egen del. Jag noterade vid kursstarten en skillnad på Annikas, Birgits, Cajsas, Doris, Evas och Fridas förväntningar på kursen jämfört med de förväntningar de övriga nytillkomna kursdeltagarna hade då de senare hoppades på att få ”*lära sig sådant som man kan göra med barnen sedan*” medan de sex lärarna i aktionsforskningsstudien ”*ville lära sig förstå*”. Kursens övergripande målsättning var att ge lärarna möjlighet till ekologisk förståelse i form av de insikter Carlsson (1999) beskrivit. Dessa insikter lyftes i undervisningen fram med hjälp av en medveten satsning på variation med avseende på kritiska aspekter som till exempel förståelse för materiens transformation. I kursen ingick också ett av mig handlett utvecklingsarbete på den egna skolan. Därför kunde min forskningsfråga nu utvecklas till: *Vad lär sig lärare av att studera sina elevers lärande av ett specifikt innehåll när lärarna själva samtidigt studerar samma innehåll?* Den konkreta utgångspunkten för både elevers och lärares arbete under denna cykel var en amaryllis utveckling från en lök till en ståtlig blomma och de biologiska processer, främst fotosyntes och cellandning, som ägde rum under denna process. Lärarna intervjuade även under denna cykel sina egna elever och jag i min tur intervjuade de sex lärarna som deltog i min studie individuellt. Resultatet blev att tidigare aktionscyklers resultat bekräftades och kompletterades. Lärarna relaterade på olika sätt, och i varierande grad, sitt eget lärande till

elevernas. Dialogen med eleverna, det vill säga de samtal som kunde ge läraren kunskap om elevernas förståelse och om hur läraren kunde hjälpa dem vidare, var också mer eller mindre central i lärarnas reflektion. Svaret på aktionscykelns forskningsfråga ovan skulle kunna sammanfattas som:

- Lärares egen förståelse av ett innehåll har stor betydelse för deras analys av sina elevers förståelse. Lärarnas analytiska kompetens, i form av att kunna värdera och följa upp sina elevers lärande av det specifika innehållet, hade ökat märkbart jämfört med tidigare aktionscykler.
- Lärare som ökar sin egen förståelse av ett innehåll ökar sin tilltro till att detta innehåll även är möjligt för deras elever att förstå. Innehåll som de tidigare betraktat som för svårt för eleverna, som exempelvis materiabegreppet på atom och molekylnivå, ansåg de nu fullt möjligt att arbeta med även med barn i sju års ålder.
- Lärare reflekterar över och tillämpar sina egna lärande-erfarenheter när de undervisar sina elever. De kunde exempelvis överföra sina personliga och positiva erfarenheter av att diskutera naturvetenskapliga frågeställningar gruppvis under kursen till att låta sina elever föra teoretiska diskussioner på ett liknande sätt.
- Lärare reflekterar i varierande grad över hur viktig dialogen med eleverna är för det egna lärandet och handlandet i praktiken. De uttryckte detta som att de ville veta vad eleven förstår för att i alla situationer kunna hjälpa eleven att öka sin förståelse.

### **Sammanfattning och diskussion**

Jag hade under dessa fyra aktionscykler allt mer uppmärksammat ett antal faktorer som visat sig vara kritiska för lärarnas utveckling. Dessa faktorer presenterades i uppsatsen som fyra reflektionsdomäner. En lärare med tillgång till alla fyra reflektionsdomänerna ansåg jag ha större möjligheter att lära och utvecklas professionellt i sin praktik. Reflektionsdomänerna ska inte betraktas hierarkiskt utan som inkluderande och interagerande med varandra:



### *Domän 1: Fokus på görande*

Inom denna domän reflekterar inte läraren över *vad* som lärs, innehållet tas i stället för givet. Naturvetenskaplig undervisning inom denna domän kan innebära att läraren verkar inom en ”trygghetszon” och undviker det som anses ”för svårt”, vilket inbegriper både svårigheter för eleverna och för läraren själv. Fortbildning, kan ge möjligheter till imitation av aktiviteter som kan utöka trygghetszonens storlek. De flesta av lärarna som deltog i kompetensutvecklingsprojektets första år anser jag främst verkade och reflekterade inom denna domän.

Många faktorer i lärares arbetssituation förklarar enligt min mening också varför denna reflektionsdomän är så vanlig hos lärare. Jag har full förståelse för att lärare ofta inte har möjlighet att reflektera utanför denna handlingsinriktade domän. Verksamheten kräver så mycket för att fungera praktiskt och ge en godtagbar arbetssituation för både lärare och elever. Dessutom anser jag att slagord som ”elever ska söka sin kunskap själva” precis som Madsén (2002) också hävdar, i alltför hög grad har gjort lärare till enbart administratörer av elevers självständiga arbete.

### *Domän 2: Fokus på kvantitativt lärande av innehållet*

Denna domän innebär att läraren ställer sig frågor om elevens förståelse av innehållet men lärarens egen förståelse påverkar analysen läraren gör, en begränsad förståelse ger en begränsad analys. Detta leder till att analysen blir kvantitativ. Innehållet betraktas kvantitativt, som en viss mängd kunskap som ska inhämtas på en viss tid. Begränsningen innebär också att läraren fortfarande verkar inom sin trygghetszon och att undervisningen därför inte blir särskilt varierad.

En lärare som reflekterar inom denna domän har små möjligheter att agera inom elevens närmaste utvecklingszon (Vygotskij, 1999) eftersom läraren inte kan värdera elevens förståelse i kvalitativ mening och då inte heller hjälpa eleven vidare mot en mer komplex förståelse. Jag ser det också som möjligt att en lärare kan reflektera inom denna domän trots en god egen förståelse. En god egen förståelse är i sig ingen garanti för att läraren reflekterar över kvalitén i elevens förståelse.

### *Domän 3: Fokus på kvalitativt lärande av innehållet*

Inom denna domän måste lärarens egen förståelse av innehållet vara tillräcklig för att uppmärksamma de kvalitativa aspekterna i undervisningen och lärandet hos både sig själv och eleverna. Detta förutsätter dock att läraren är medveten om och vill göra detta. Läraren är säkrare, vågar sig på ett nytt innehåll och med mer varierande och kreativa undervisningsmetoder. Läraren ser nu också ett mer komplext innehåll som möjligt för eleven att förstå. Detta innebär att läraren vågar lämna sin tidigare trygghetszon och forma sin undervisning mer självständigt.

### *Domän 4: Fokus på dialog med utgångspunkt i innehållet.*

För reflektion inom denna domän är det inte tillräckligt att läraren själv förstår ett innehåll. Läraren måste också försöka förstå vad eleven förstår och använda denna kunskap om elevens förståelse i sin undervisning, det vill säga omsätta den i handling. Läraren kan då, som lärarna själva uttryckte det, ”*fånga bollarna från eleverna*” och flexibelt forma sin undervisning med en tydlig innehållslig målsättning. Nu har läraren möjlighet att verka inom elevens närmaste utvecklingszon. Under dialogen lär också läraren parallellt med eleven och resultatet blir en växande yrkeskompetens.

### *Lärarnas utveckling*

Annika, Birgit, Cajsa, Doris, Eva och Frida visade under de fyra aktionscyklerna hur deras reflektioner förändrades från att mestadels ha berört domän 1 under kompetensutvecklingsprojektet, i den fjärde aktionscykeln nu allt oftare beröra domän 4. Den utökade reflektionen gjorde att jag drog slutsatsen att deras möjligheter att lära mer i sin egen praktik hade ökat och därmed möjligheten att utveckla den naturvetenskapliga undervisningen, inte minst på det ekologiska området. Det är av vikt att här påminna om att det jag hittills tagit del av var lärarnas egna reflektioner, det vill säga vad de själva uttryckt om sin undervisning och sina elevers lärande.

De sex lärarna fokuserade och problematiserade nu det naturvetenskapliga innehållet på ett helt annat sätt än de gjort tidigare. De hade också fått insikter om vad forskning om lärande kan innebära, och redskap för att analysera och utveckla sin egen praktik. Detta tog sig tydliga uttryck i de samtal vi förde med varandra. Det var stor skillnad på både innehållet och graden av problematiserande och kritisk reflektion i de samtal vi förde våren 2002 jämfört med exempelvis

hösten 2000 då vi träffades allra första gången för att diskutera vad aktionsforskningsprojektet skulle komma att innebära. Lärarna samtalade också på ett helt annat sätt med varandra inom sina respektive arbetslag.

Dessa fyra aktionscykler hade gett mig ett bättre utgångsläge för den studie som nu ska beskrivas i de följande kapitlen. Både jag och lärarna hade lärt oss mycket och de frågor jag ställt i denna avhandlingsstudie har sina rötter i samarbetet under uppsatsstudien. Det som kanske allra mest kommit att fascinera mig, och det jag ville få veta mer om, var hur lärarnas och elevernas samtal på olika sätt formade undervisningsinnehållet. Interaktionen och dialogen mellan läraren och eleverna verkade vara avgörande för vilka aspekter av det naturvetenskapliga innehållet som lyftes fram i fokus för elevernas lärande. Intresset för detta gav upphov till de forskningsfrågor som ställts i denna avhandlingsstudie.

Genom att i nästa kapitel beskriva de forskningsområden som avhandlingen berör inleds nu beskrivningen av avhandlingsstudien. I kapitel 6 återkommer jag på nytt till frågor om lärares lärande och kompetens och diskuterar detta i relation till undervisningen och elevernas lärande. Uppsatsstudien och avhandlingsstudien knyts då samman och formar en helhet.



## 2 Forskningsområdet

### Forskningen och skolans utveckling

På 1940-talet var det vanligt att lärare deltog i forsknings- och utvecklingsarbete i skolan. Från år 1950 och framåt kan man tala om statens övertagande och lärarnas deprofessionalisering då lärarna kopplades bort från kunskapsutvecklingen och från möjligheten att ackumulera sina professionella kunskaper (Rönnerman, 1998; Carlgren & Marton, 2000). Under ett par decennier har intresset åter riktats mot den lokala nivån som nu också ska ges större ansvar. Lärare har tidigare setts som implementerare av forskningens resultat. Nu börjar cirkeln åter slutas och lärare ska på nytt ges möjlighet att delta i själva kunskapsproduktionen, lärarna ska professionaliseras. Tidigare har det också varit metoderna för elevernas lärande snarare än beskaffenheten hos detta lärande som forskare studerat, det som pågått har varit ”jakten på den rätta metoden” (Carlgren, 1998; 1999; Carlgren & Marton, 2000; Rönnerman, 1998). Under drygt femtio år har den vetenskapliga basen för läraryrket också diskuterats i ett antal statliga utredningar och begrepp som praktisk pedagogik, didaktik och idag utbildningsvetenskap har förts fram i diskussioner om lärarutbildningens och skolans forskningsanknytning (Alexandersson, 2005). Vetenskapsrådet (2003) framför när det gäller det som nu kallas praxisnära forskning:

Syftet med denna forskning är att främja utvecklingen av forskningen kring aktuella och grundläggande frågor i den pedagogiska verksamheten och därigenom bidra till kunskapsutvecklingen inom läraryrkets kärnfrågor. Det kan handla om forskning som till exempel syftar till att fördjupa förståelsen av den praktiska verksamheten eller forskning i anslutning till utveckling av verksamheten. Av särskild vikt är forskning om lärandets innehåll och organisering inom olika ämnesområden (ibid. förordet)

Denna avhandlingsstudie är ett exempel på ett försök att åter sammanföra lärandets metoder med lärandets innehåll och att också göra detta i den miljö där det hela utspelar sig, i skolan och klassrummet.

## Forskning inom naturvetenskapernas didaktik

### Forskningsområdet

Naturvetenskapernas didaktik behandlar undervisning och lärande av ett naturvetenskapligt innehåll och studien har därför en tydlig koppling till detta forskningsområde. Didaktisk forskning anses kunna bidra till utvecklandet av ett yrkesspråk och få betydelse för uppbyggnaden av den kunskapsbas som ses som ett viktigt led i professionaliseringen av läraryrket. Det naturvetenskapliga undervisning syftar till brukar beskrivas som att den ska förse vårt samhälle med kvalificerad, utbildad arbetskraft, men också som det som ska förbereda barn och ungdomar för ett liv som bildade medborgare i ett högteknologiskt samhälle där inte minst hållbar utveckling är en demokratifråga av största vikt (Carlgren & Marton, 2000; Sjöberg, 2000; Strömdahl, 2000). Inte minst i lärarutbildningsutredningen lyfts den didaktiska forskningens centrala betydelse fram (SOU 1999: 63).

Den didaktiska forskningen i Europa är ung, inte mer än några decennier. Den har idag en i hög grad mångdimensionell och tvärvetenskaplig karaktär. Forskning inom det naturvetenskapliga området kan relateras till de rena naturvetenskapliga ämnesdisciplinerna men också till samhälls- och humanvetenskaper som till exempel sociologi, psykologi, pedagogik, filosofi, etik mm (Jenkins, 2001; Dahncke, 2001). Samtidigt med utvecklingen i Europa har forskningen i USA genomgått något som närmast kan betraktas som ett paradigmskifte alltsedan begreppet PCK (*pedagogical content knowledge*) lanserades och lärares yrkeskunnande och undervisning kunde börja diskuteras i termer av hur ämnesinnehåll kan framställas i relation till elevernas förståelse av detta innehåll (Schulman, 1987).

En forskningsinriktning representeras av de forskningsfrågor som ställs inom det område brukar benämnas läroplansteori. Här studeras i vilken historisk och kulturell kontext intresset för olika naturvetenskapliga fenomen växt fram, vilket syfte naturvetenskapen har i skolan, liksom hur detta syfte uppfattas av eleverna och vad det i sin tur betyder för elevernas lärande. Analysen av läromedelstexter och styrdokument ska till exempel avslöja den underliggande meningen, det som ”står mellan raderna” (*curriculum emphasis*) Den icke-problemfria relationen mellan de naturvetenskapliga, akademiska ämnesdisciplinerna och skolans naturvetenskapliga innehåll och

undervisning kan också studeras inom detta forskningsfält (Dahncke, 2001; Fensham, 2001; Roberts & Östman, 1998; Strömdahl, 2003).

Den dominerande forskningsinriktningen har från 1980-talet och framåt varit studier av elevers förståelse av olika naturvetenskapliga begrepp. Olika former av konstruktivism har varit den lärandeteori som dominerat dessa studier och forskningen har haft ett kognitivt fokus då forskningsobjektet utgjorts av elevernas tänkande om naturvetenskapliga fenomen. Begreppsforskningen har utsatts för kritik från olika håll, och utvecklingen kan nu sägas ha gått mot en mer realistisk konstruktivism där lärande visserligen sker hos varje individ men i ett socialt, kulturellt och historiskt sammanhang (Carlgren, 1999; Jenkins, 2001; Leach & Scott, 1999; Sjöberg, 2000). Resultatet av begreppsforskningen utgörs framför allt av en mängd studier där elevers "vardagsföreställningar" har jämförts med de "vetenskapliga" begreppen och där de senare har setts som de eftersträvansvärda och de förra som *misconceptions* eller *alternative conceptions* som skulle rättas till eller utvecklas i undervisningen. Många studier visar dock på att elever, trots undervisning, behåller sina "missuppfattningar" (Andersson, 2000; Driver m.fl., 1994; Fensham, 2001; Jenkins, 2001). Pfundt & Duit (1994) ger i sin bibliografi exempel på närmare 4000 studier av detta slag, den helt övervägande delen från fysikområdet.

Intresset för studier av hur elever förstår olika naturvetenskapliga begrepp har avtagit under det senaste decenniet. Forskningen ger heller inget entydigt resultat av hur elever förstår naturvetenskapliga begrepp och inte heller några entydiga riktlinjer för hur forskningsresultaten bör påverka undervisningen. Företrädare för "conceptual change" traditionen, kan till exempel hävda att man inte ska införa alltför förenklade förklaringar som strider mot de vetenskapliga modellerna eftersom dessa förenklingar kan bli stabila modeller för elevernas tänkande som blir svåra att ändra på (Eskilsson, 2001). Ett färskt exempel på forskning om barns naturvetenskapliga begrepp är Carvalhos m. fl. (2004) studie av barns förståelse av matspjälkningen. Deras studie visade på att förändringar i begreppsförståelsen hade ett starkt samband med undervisning och att de främsta hindren var av didaktisk natur som exempelvis att läromedlen inte länkade matspjälkningsapparaten till cirkulations-systemet. Andra färska exempel är Eskilsson (ibid.), som studerat 10-12 åringars förståelse av materiens förändringar, liksom Helldén &

Solomon (2003) och Holgersson & Löfgren (2004) som studerat närliggande fenomen i sina studier av biologiska processer. De tre sistnämnda hävdar på grundval av sina longitudinella studier att förenklade förklaringar och modeller av olika slag kan vara möjliga att införa eftersom elever visat sig kunna använda vardagliga och vetenskapliga modeller parallellt och växelvis beroende på behov och sammanhang.

Millar, Leach & Osborne (2000) innehåller ett tjugotal artiklar av forskare från olika delar av världen som kan illustrera den naturvetenskapligt didaktiska forskningens olika riktningar idag. Tendensen är, menar bland annat Gunstone & White (2000) i sin artikel att forskningen utvecklats till att bli allt mer pragmatisk då den nu i högre utsträckning än tidigare fokuserar lösningar på konkreta problem i undervisningen. Forskningsprogrammet "Design och utvärdering av undervisningssekvenser" vid Göteborgs universitet (Andersson, m.fl. 2004) utgör ett svenskt exempel på detta. Syftet med detta forskningsprogram är enligt författarna att det ska bidra till att lösa problemet med den bristande naturvetenskapliga förståelse som en majoritet av elever visat sig ha vid nationella utvärderingar.

### **Studier av lärares kompetens**

Intresset för lärares kompetens att undervisa i naturvetenskap och hur den kan utvecklas verkar ha ökat under senare år. Två svenska exempel är Lager-Nyqvists (2003) avhandling om hur lärarstudenter utvecklar sin naturvetenskapliga undervisning och formar sin lärarroll, samt Zetterqvist (2003) avhandling om ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi. I sin studie visar Lager-Nyqvist (ibid.) bland annat att lärarutbildningen inte varit särskilt framgångsrik i att ge de lärarstuderande möjlighet att tolka målen för den naturvetenskapliga undervisningen och att överföra detta till konkret undervisning. Undervisningen formades i stället utifrån det lokala skolklimatet och undervisningstraditionerna bland kollegorna, men också utifrån studenternas personliga erfarenheter och övertygelser. Zetterqvist (ibid.) visade att lärare ofta beskriver sin evolutionsundervisning som mer inriktad på allmän orientering, än som fokuserad på elevernas förståelse av för evolutionen viktiga begrepp.

En sökning bland de senaste årgångarna i internationella vetenskapliga tidskrifter från området visar på att forskningsintresset när det gäller de tidiga skolårens naturvetenskap förskjutits från elevernas



begreppsliga förståelse till lärarnas kompetens att undervisa och hur denna kan utvecklas. En lång rad artiklar behandlar lärares attityder till naturvetenskaplig undervisning, lärarutbildning för de tidiga skolårens naturvetenskap och kompetensutveckling av yrkesverksamma lärare. Detta tolkar jag som ett tänkbart uttryck för den förskjutning av undervisningsfokus som Osborne & Simons (1996) menar att de målstyrda kursplanerna medfört. De större krav som nu ställs på lärare i de tidigare skolåren sätter följaktligen fokus på lärarnas kompetens att fullgöra sitt uppdrag. Representativa exempel är Appleton (2003); Lee & Krapfl (2002); Posnanski (2002); Summers m. fl. (2001) och van den Berg (2001). Gemensamt för många av dessa studier är att de pekar på att lärares egen bristande ämnesförståelse utgör ett problem, liksom på svårigheterna att förmå lärare i de tidigare skolåren att ta sig an ett nytt undervisningsinnehåll. Lärares sätt att hantera naturvetenskapen beskrivs som att den antingen undviks, eller att man håller sig till det som upplevts fungera. Försök till lösningar i form av kompetensutvecklingsåtgärder utgörs ofta av kurser med främst laborativt innehåll som lärarna därefter får prova i sin egen undervisning. Lösningarna beskrivs som lyckade och positivt mottagna av lärarna, men den egentliga effekten av förbättrat lärande hos eleverna studeras sällan. Detta visar på många paralleller med det kompetensutvecklingsprojekt som beskrivits i min egen licentiatuppsats (Vikström, 2002).

Denna typ av studier kännetecknas av den syn på lärares kompetensutveckling som Alexandersson (2005) kallar ”överföringsmetaforen”. ”Reflektionsmetaforen” där den ”reflekterande praktiken” får stå för förändringsberedskapen i skolan kännetecknar en annan syn på lärares kompetensutveckling som varit dominerande under senare år. Reflektionsbegreppet har här ofta varit ”hur”-orienterat, det vill säga hur man undervisar på det rätta sättet (Alexandersson, 2005; Carlgren & Marton, 2000). Undantag från ”hur”-orienteringen finns dock, Wallace & Oliver (2003) understryker betydelsen av lärares reflektion över *innehållet* i elevernas lärande. Detta gör även Pintó m. fl. (2004) i sin studie av en grupp lärare som utvecklat sin undervisning om energibegreppet och hur deras arbete med detta konkreta kunskapsobjekt även resulterat i en samtidig utveckling av generella och bestående mönster till gagn för lärarnas eget lärande och kompetens.

För att förändringsförsök ska vara framgångsrika måste vissa krav uppfyllas. Hewson m.fl.(1999) pekar på att det är lätt att få lärare att

uttrycka sig på ett nytt sätt om sin undervisning och om sina elever men att de i klassrummet ändå agerar på samma sätt som de alltid gjort. De menar vidare att för att ett samarbete mellan universitet och skola ska ge verklig effekt krävs en hög grad av närhet i detta samarbete. Van Driel m. fl. (2001) framför att framgångsrika strategier för reformarbete i skolan har vissa kännetecken; de har genom hela processen sin utgångspunkt i lärares kunskaper och föreställningar, de bygger på kollegialt samarbete som bryter lärares ”professionella isolering” och de pågår över lång tid, ofta flera år.

### **Elevers förståelse av biologiska processer**

Lärandeobjektet som behandlas i denna studie utgörs av fröväxters livscykel och några viktiga biologiska processer och sammanhang med koppling till detta; sexuell reproduktion hos växter, fotosyntes och celandning liksom växternas roll i ekosystemen. Även på detta område finns ett stort antal studier genomförda som, även om de inte är helt entydiga, pekar på ett antal generella och ofta återkommande svårigheter som elever visat sig ha i sitt lärande. Biologiska processer (*life sciences*) kan sägas inta något av en särställning inom naturvetenskaperna då de är så höggradigt beroende av förståelsen för, och sambanden med, begrepp inom andra naturvetenskapliga discipliner som kemi och fysik. Detta beroende av att livet kan studeras, och förstås, på så många olika nivåer, från molekyler ända upp till biosfären. Förmågan att se sambanden mellan olika begrepp och nivåer är därför den kanske viktigaste faktorn för att utveckla förståelsen för biologiska processer menar exempelvis Adams m.fl. (2001) efter en genomgång av ett stort antal tidigare studier. Detta speglar sig också i de resultat som forskningen på detta område visar, svårigheterna att förstå biologiska processer på makronivån bottnar ofta i problem på mikronivån.

En sammanställning av tidigare forskning om elevers förståelse för växters fortplantning och livscyklar, liksom om sexuell reproduktion generellt finns i Driver m. fl. (1994). Även Helldén (1992; 1995; 1999) och Helldén & Solomon (2004) har studerat detta. Förståelsen för fotosyntesen, respirationen och olika ekologiska processer med koppling till växters liv har undersökts i en mängd studier (se sammanställningar i exempelvis Driver m fl 1994; Wandersee, 1994; Andersson, 2000). I Sverige har detta undersökts av bland andra Carlsson (1999; 2002) och Helldén (ibid.). I de nationella utvärderingarna av grundskolans naturvetenskap som genomförts 1992

(NU 1992) (Andersson m. fl., 1993) och 2003 (NU 2003) (Andersson m. fl., 2004) med elever från skolår nio finns också intressanta resultat rörande detta.

Resultat av tidigare forskning om elevers förståelse av biologiska processer och som är av särskilt intresse för denna studie kan i korthet sammanfattas enligt följande:

- Frön ses ofta som döda ting som kan börja leva om man planterar dem. Skillnaden mellan vad som är "levande" och vad som inte är det, är ofta oklar.
- Solljus uppfattas ofta som nödvändigt för att frön ska gro.
- Elever blandar ofta ihop pollinering med fröspridning.
- Blommans egentliga roll är ofta oklar, teleologiska (ändamåls) förklaringar som att "den vill vacker" är inte ovanliga.
- Ägg och spermier som en förutsättning för människors och djurs sexuella reproduktion är välkänt även för yngre elever, men det är också vanligt att tänka sig att sexuell reproduktion inte gäller växter, befruktningen hos växter är därmed ofta okänd.
- Insikter om att avkomman efter en sexuell reproduktion liknar föräldrarna är vanliga, men förklaringar på genetisk nivå är sällsynta. Pojkar kan exempelvis tros bli mer lika sin pappa och flickor mer lika sin mamma, och variationen i en population kan förklaras med miljöfaktorer. Bara 14% av eleverna i NU 2003 kunde ange ursprunget till nya egenskaper hos en organism med någon form av genetisk förklaring.
- Fotosyntesen kan förstås på många olika sätt. Carlsson (2002) fann fyra hierarkiska nivåer av förståelse i sin studie av elever i skolår sex; fotosyntesen som en process av konsumtion och produktion, som en process där ämnen sammanfogas, som en process sammanlänkad med respiration och på den högsta nivån som en process där resurser skapas och lagras.

- En vanlig uppfattning är att växter kan få sin ”föda” från jorden och detta kan ge upphov till växandet och viktökningen hos växten. Elever som undervisats om fotosyntesen kan därefter se koldioxiden som en sorts ”föda” som ger energi. I NU 2003 kunde endast 8% av de tillfrågade eleverna i skolorna ange ett godtagbart svar på var biomassan i ett träd kommer ifrån. Godkänt svar innebär att de skulle känna till att viktökningen kommer ifrån vattnet från marken men också från den osynliga koldioxiden i luften.
- Klorofyllets roll är ofta oklar och energin från solen används ”direkt” av växten i fotosyntesen.
- När insikter finns om att fotosyntesen innebär att växter kan ”tillverka mat”, kan detta av elever sedan uppfattas som att ”maten” lagras för enbart människors och djurs räkning. Fotosyntesen ses alltså som viktig för andra, inte för växten själv, inte minst för att också förse oss människor med syre, även detta en antropocentrisk syn.
- Vad cellandning (respiration) innebär är okänt för de flesta elever och särskilt okänt är växters respiration. Förståelsen för att växter får energi från någon form av egen metabolism är ovanlig. Vanliga uppfattningar är också att bara djur och människor andas, eller att växters fotosyntes är en sorts andning. I NU 2003 klarade bara 10% av eleverna att avge någon form av svar på cellnivå om vad som händer med inandningsluften hos en människa och lika låg andel hade någon uppfattning om att energin i maten frigörs i cellen. Som en trolig förklaring till detta ses bristen på sammanlänkning mellan respirationen och matspjälkningen och hur detta hänger ihop på cellnivån (Andersson m.fl., 2004).
- Materians bevarande och materians transformation, liksom begreppet kretslopp, är processer som allmänt vållar stora problem. Energins omvandlingar och flöden har visat sig om möjligt ännu svårare för elever att förklara, liksom skillnaden på begreppet materia och begreppet energi, inte minst i biologiska sammanhang. Många studier visar på att en majoritet av elever inte uppfattar att respirationen innefattar

energiomvandlingar. Det är ovanligt, även bland äldre elever, att de kan se på mat som både energikälla och byggnadsmaterial. Mat är då något som förbrukas och utgör inte något som kan bli materia på nästa nivå i en näringskedja. På en fråga om varför en komposthög blir allt mindre och avger värme, visade ingen elev i NU 2003 någon ansats till integrerad förståelse i form av insikter om att nedbrytning är en form av förbränning där levande organismer förbränner avfallet med hjälp av syre. Få nämner överhuvudtaget en biologisk agent som förklaring till det som sker i en kompost.

- Luftens sammansättning, en kunskap av baskaraktär för att förstå ekologiska processer, vållar också problem. I NU 1992 ansåg 34% att luft till största delen bestod av koldioxid och syre, en siffra som ökat till 41% i NU 2003. Detta tror Andersson m.fl. (2004) kan förklaras med att alla diskussioner om växthuseffekten ”förstorar upp” koldioxiden. Bara 29% av eleverna kunde ange det korrekta svaret kväve och syre i NU 2003 och bara 24% besvarade en fråga om i vilka förbränningsprocesser som koldioxid bildades på ett korrekt sätt.

Helhetsbilden från den nationella utvärderingen är enligt Skolverket (2004a) att måluppfyllelsen när det gäller elevers begreppsförståelse är otillfredsställande. Skolverket (2004b) rapporterar också om sjunkande kunskapsnivåer för svenska femtonåringar i den internationella PISA (*Programme for International Student Assessment*) studien där särskilt skillnaden mellan de hög- respektive lågpresterande eleverna ökat. Den svenska skolan lyckas alltså inte enligt Skolverket särskilt väl med att uppnå de mål som finns formulerade i styrdokumentet, allra minst för de svagare grupperna av elever.

Begreppsforskningen och de internationella studierna TIMMS (*Third International Mathematics and Science Study*) och PISA har liksom de nationella utvärderingarna kritiserats hårt av bland andra av Schoultz (2000) och Säljö (1995) för dess mentalistiska föreställningar om att individer ensamma och utan förankring i samtal och samarbete ska kunna visa sin kunskap. Schoultz menar att elevernas svårigheter består i problem med att förstå frågans innehåll, inte på svårigheter att förstå själva begreppen och kritiserar bland annat undersökningarnas

sätt att utvärdera naturvetenskaplig förståelse med så kallade "vardagsfrågor". Det handlar då om två helt olika diskurser och eleverna får svårt att uppfatta det naturvetenskapliga innehållet. Ur detta perspektiv kritiserar Schoultz (ibid.) ett par välkända studier av hur elever uppfattat materiaens kretslopp; Leach, Driver, Scott och Robinssons studie av hur barn förstår vad som händer då ett äpple som ruttnar, och Helldéns studie av hur de uppfattar det som händer då löv bryts ner. I bägge dessa studier har eleverna svårt att inse att det hela tiden handlar om ett kretslopp av materia på atomnivå. Schoultz menar att detta helt enkelt beror på att eleverna inte ser att atombegreppet är tillämpligt i dessa sammanhang, begreppet behövs inte för att förklara nedbrytningsprocessen som eleverna uppfattar frågan. Forskarna som arbetat med nationella utvärderingen besvarar denna typ av kritik med att förmågan att känna igen sammanhangen ingår i att kunna ge ett acceptabelt svar (Skolverket, 2004a).

Jag delar mycket av den kritik som framförts mot begrepps-forskningen men de många gånger entydiga resultat som alla dessa studier visat på går naturligtvis inte heller att bortse ifrån. Många resultat känner jag också väl igen från mitt eget arbete som lärare på grundskolan där jag fått erfarenheter av vilka svårigheter elever kan ha med att förstå olika naturvetenskapliga begrepp. Lärare använder inte denna typ forskning för att den ska diktera vad de ska undervisa om, skriver Fosnot (1993), utan för att den kan vara till hjälp att förstå vad elever måste klara av, vilken förförståelse de har och vad ytterligare begreppsbyggnad kan komma att innebära. Kognitionsforskningen är i sig en konstruktion av människor som försöker förstå mönster de observerar när barn konstruerar kunskap. Sådana modeller är inte sanningen i objektiv mening utan resultatet av försök, diskussioner och överenskommelser som kan accepteras som tillfälliga förklaringar tills något annat bevisar motsatsen (Fosnot, ibid.).

## **Forskning om undervisning och lärande**

Allt fler studier fokuserar nu också på de komplexa samband som råder mellan undervisning och lärande. Säljö m.fl. (2001) har utifrån ett sociokulturellt perspektiv beskrivit en klassrumsstudie av matematikundervisning där forskarna intresserat sig för frågor som rör perspektivering, dvs i vilken mån elever kan identifiera de sätt att resonera som är de förväntade och huruvida diskursen ger dem tillgång till de avsedda matematiska instrumenten.

En tidig klassrumsstudie gjordes av Lybeck (1981) som studerade gymnasieelevers uppfattningar av bland annat densitetsbegreppet. I den studien dras slutsatsen att det viktigaste inslaget i undervisningen är att elevernas tankeinnehåll i betydelsen ”uppfattningar om ämnesinnehållet” dominerar och den pekar också på betydelsen av att eleverna utgör varandras resurser i lärandet av innehållet.

I klassrumsstudier har under senare år variationsteorin använts som ett instrument för att undersöka det rum för lärande som öppnar sig. Då studeras lärarens pedagogiska handlingar i klassrummet och vad dessa innebär för elevernas möjligheter att lära ett visst innehåll. Ett flertal sådana studier finns redovisade i Marton & Morris (2002). Runesson (1999) visar i sin variationsteoretiska studie hur lärare formar olika undervisningsobjekt när de undervisar sina elever om till synes samma matematiska innehåll. Mönster av fokuserade och icke-fokuserade aspekter konstituerade olika lärandeområden som innebär att eleverna erbjuds att lära sig olika saker i respektive lärarens klassrum. Samma ämnesinnehåll behandlades, men olika undervisningsobjekt konstituerades och därmed gavs ämnesinnehållet olika innebörder (Runesson, *ibid.*). Emanuelsson (2001) undersökte i sin studie hur lärare själva kan lära om sina elevers lärande i matematik och naturvetenskap. Resultatet visar bland annat på att lärare ofta fokuserar det proceduriella och att deras möjligheter att se de olika kvalitativa skillnaderna i elevernas förståelse därmed är små. Rovio-Johansson (1999) studerade inte bara ett antal universitetslärarens undervisningsobjekt inom ämnet ekonomi utan även relationen mellan detta och studenternas lärande, en relation som visade att studenterna erfor olika mening hos innehållet beroende på vilka aspekter hos detta som varierades och vilka som hölls invarianta.

Dimenäs (2001) har utifrån ett eklektiskt synsätt använt både den variationsteoretiska och de sociokulturella perspektiven i sin studie av elevers lärande av kemiska reaktioner i skolor 7 och 8. Fokus har då legat på såväl det naturvetenskapliga innehållet som interaktionen i klassrummet och syftet varit att beskriva elevernas lärandeprocesser. Lärarna som ingick i studien gav sina elever möjligheter att dels erfara undervisningen som procedurer där experiment och innehåll hanterades på ett konkret plan, dels på ett plan där olika sätt erfara fenomenet kemisk reaktion konstituerades som dimensioner av specifikt—generellt och konkret—abstrakt. En specifik kemisk reaktion som iaktogs i ett konkret experiment kunde exempelvis

jämföras med reaktioner av generellt liknande slag och reaktionerna beskrivas på ett abstrakt plan på partikelnivån. Detta ansågs öppna möjligheter för eleverna att gå vidare i sitt lärande (Dimenäs, *ibid.*).

Carlsson (2002) har studerat elever i skolår sex och deras lärande och förståelse av materians byggnad, omvandlingar och fotosyntes i relation till den undervisning de erbjudits om dessa naturvetenskapliga processer. Carlssons studie vilade på en variationsteoretisk grund och resultatet visade på olika kvalitativa sätt att förstå innehållet, liksom att eleverna under studiens gång utvecklat sin förståelse till mer komplexa former. Exempelvis kunde fem av elva elever förklara en kycklings utveckling som en atomär transformation trots att detta var ett för eleverna helt nytt sammanhang som inte direkt behandlats i undervisningen. En slutsats som dras i denna studie är att även om delar av forskarvärlden ansett denna slags förståelse vara närmast omöjlig att uppnå för barn i dessa åldrar, visar studien på motsatsen, och att den undervisning som genomförts faktiskt fungerat (Carlsson, *ibid.*).

Om syftet med forskningen om undervisning och lärande är att ge undervisningspraktiken en vetenskaplig grund blir det en avgörande fråga hur forskningens resultat når styrdokumentet och inte minst hur den realiserar i praxis. Här föreligger enligt Psillos (2001) ett "kommunikationsgap" och det finns inga självklara lösningar på hur gapet ska överbryggas. Lärandeobjekt formulerade i kursplaner spelar enligt Marton & Morris (2002) inte alls lika stor roll som det lärandeobjekt som eleven möter i sitt klassrum. Dessa objekt måste finnas, upptäckas, utvecklas och konstitueras av lärare och elever tillsammans som "*a lived curriculum in perpetual evolution*" (*ibid.* s. 141). Stödda av forskare kan lärare som arbetar tillsammans, använda teoretiska redskap i syfte att hitta kraftfulla sätt att hantera olika lärandeobjekt och detta lyfter fram behovet av "*action research by teachers in the process of curriculum improvement*" (*ibid.* s. 142).

Denna studie utgör ett försök att studera relationen mellan undervisning och lärande med ett specifikt innehållsligt fokus. Den har genomförts i nära samarbete med ett antal lärare och deras elever i deras egen skolmiljö och i konkreta undervisningssituationer. Studien har ett pragmatiskt syfte att finna kunskap om hur det kan vara möjligt att åstadkomma ett bättre och ändamålsenligare lärande hos eleverna.



## 3 Teoretiska perspektiv på lärande

### Tre metaforer för lärande

Emanuelsson (2001) gör med referens till Sfard en beskrivning av olika teoretiska perspektiv på lärande med hjälp av två metaforer, ”förvärvandemetaforen” och ”deltagandemetaforen” där förvärvandemetaforen står för olika former av konstruktivism och deltagandemetaforen för de sociokulturella perspektiven på lärande. Emanuelsson inför dock också en tredje metafor, ”konstituerandemetaforen”, som inkluderar det fenomenografiska och variations-teoretiska perspektivet. Han jämför därefter, med referens till Lave, dessa tre metaforer för lärande utifrån fyra olika aspekter; subjekt-värld relationen, telos (lärandets strävansmål), lärandets mekanismer och slutligen lärandets agent (vem eller vad som driver lärandet). Jag har i det följande utgått från Emanuelssons sätt att beskriva olika lärandeteorier men gör det med utgångspunkt i något annorlunda aspekter. Eftersom den konstituerande metaforen, som motsvaras av variationsteorin, är den som huvudsakligen formar denna studies teoretiska ramverk ägnas mest intresse åt denna, men då inspiration också hämtats från de sociokulturella perspektiven kommer dessa två att speglas mot varandra utifrån några specifika aspekter av intresse för denna studie.

### Förvärvandemetaforen— konstruktivistiska perspektiv

Inom den konstruktivistiska förvärvandemetaforen kan kunskapen ses som ett överförbart objekt och perspektivet betecknas därför ofta som ett dualistiskt perspektiv som skiljer individen från världen. Lärande handlar då om att överbrygga klyftan mellan det yttre och det inre. Emanuelsson (2001) beskriver olika tolkningar av konstruktivismens syn på relationen människa-värld och hans slutsats är att svaret på frågan om huruvida den är dualistisk eller ej, är skiftande och oklar.

Ofta skiljer man på individuell och social konstruktivism där Jean Piaget (1896-1980) brukar anges som den främsta portalfiguren för den förra och Vygotskij (1896-1934) som den främste för den senare. Enkelt uttryckt ansåg Piaget att individen konstruerar kunskap genom att agera på omvärlden och att kunskapen konstrueras inom individen som en följd av egna upptäckter. För Piaget föregår utveckling lärande. Vygotskij menade det motsatta, lärande föregår utveckling

och kunskapens ursprung finns i den sociala interaktionen. Detta är, menar Schoultz (2000), en alltför stor förenkling då Piaget aldrig förnekade den sociala världens roll i konstruktionen av kunskap och att även Vygotskij såg det egna aktiva konstruerandet av kunskap som centralt.

För Piaget (1980) innebar lärande en förändring av tankestrukturerna som en följd av strävan efter jämvikt som leder till en upplösning av de motsättningar som kan uppstå då vi ställs inför nya erfarenheter. Någon form av kognitivt konflikt ligger med detta synsätt bakom lärandet. Antingen kan vi assimilera nya erfarenheter till gamla tankestrukturer eller också måste vi genom ackommodation omstrukturera vårt tänkande så att det nya passar in. Därefter kan vi som bärare av den rätta representationen använda denna i olika sammanhang (Perkins, 1998; Wells, 1999)

Den syn på lärande som innebär att individen själv konstruerar sin kunskap genom egen aktivitet har lämnat tydliga spår i skolans värld inte minst i den naturvetenskapliga undervisningen. Det kraftiga genomslag som olika former av ”aktivitetspedagogik” och ”undersökande arbetssätt” haft på det naturvetenskapliga området, har sina rötter i denna syn på lärande (Carlgren, 1999).

Inom förvärvandemetaforens kognitivistiska forskningsinriktningar anses det mindre problematiskt att studera människors tänkande och förståelse genom intervjuer eller papper och penna test. Detta synsätt har kritiserats bland annat för att det innebär att man studerar något som är osynligt, vårt tänkande, med hjälp av något som är synligt, det vill säga vårt sätt att tala eller skriva (Marton & Booth, 1997).

### **Konstituerandemetaforen och deltagandemetaforen— variationsteoretiska och sociokulturella perspektiv**

Variationsteorin har utvecklats ur den fenomenografiska forskningsansatsen och beskrivs i exempelvis Marton & Booth, 1997; Marton & Morris, 2002; och Marton, Runesson & Tsui, 2004. Av språkliga skäl används i fortsättningen endast termen variationsteori. Utvecklandet av variationsteorin implicerar ett skifte från fenomenografins studier av variationen i sätt att erfara något, till studier av hur urskiljandet av vissa kritiska aspekter av ett fenomen beror av erfandet av variation i relation till dessa aspekter (Pang, 2003). Denna avhandlingsstudie

kan sägas tillhöra den senare kategorin då jag intresserat mig för inte bara för olika sätt att erfara ett fenomen utan också för vad som kännetecknar olika sätt att erfara och för hur de uppstått och utvecklats. Marton & Morris (2002) skriver att lärare ofta ”känner igen sig” i variationsteorin, något som i högsta grad utgör även min erfarenhet. Variationsteorin har i denna studie utgjort mitt viktigaste teoretiska redskap och är den teori som ligger till huvudsaklig grund för analysen av empiriska data.

Sociokulturella perspektiv på lärande såsom de beskrivits av exempelvis Vygotskij (1978; 1999); Lave & Wenger (1991); Wertsch, (1998); Wells, (1999) och Säljö (2000) har också inspirerat mig hög grad, främst för vad detta tillfört vad gäller språket och interaktionens roll för lärandet och för mina reflektioner över själva forskningsprocessen och över vad resultatet egentligen visar.

De rubriker under vilka jag kommer att jämföra dessa teoretiska perspektiv är:

- Kunskapen och relationen människa—värld
- Synen på förståelse som lärandets mål
- Lärandets mekanismer, språkets roll och relationen undervisning—lärande
- Forskningens objekt och metoder

### **Kunskapen och relationen människa—värld**

#### *Deltagandemetaforen*

Även inom deltagandemetaforen är synen på relationen människa—värld oklar. Enligt Säljö (2000) är de sociokulturella perspektiven på lärande icke-dualistiskt, något som Marton & Booth (1997) dock inte vill hålla med om då de senare betecknar detta perspektiv som socialkonstruktivistiskt och dualistiskt. Vygotskij som starkt präglad de sociokulturella perspektiven, såg på alla högre mentala funktioner som internaliserade sociala samband. Wells (1999) i sin tur kritiserar begreppet internalisering just för dess dualistiska innebörd och hävdar att det inte går att tala om en rörelse från det ”yttre” till det ”inre”, från utsidan och till insidan, bokstavligen genom huden på den lärande, som termen innebär. Lave & Wenger (1991) beskriver lärandet som situerat, och som en integrerad aspekt av ett utökat och fullt deltagande i en kulturell aktivitet.

### *Konstituerandemetaforen*

Variationsteorin företräder en icke-dualistisk syn på lärande och kunskap. Enligt detta sätt att se finns lärandets ursprung varken inom eller utanför individen, utan i relationen människa—värld. När vi får kunskap om världen innebär det att vi får förmågan att erfara världen på ett nytt sätt. Världen konstrueras inte av oss och kan inte heller påtvingas oss. När vi lärt oss något förändras den interna relationen mellan oss och fenomenet. Erfarande har dels en strukturell aspekt, vi kan urskilja delar, helheter och sammanhang, men också en referentiell aspekt, en meningsaspekt. De strukturer vi urskiljer får en viss innebörd och mening för oss och lärande innebär att vårt erfarande, det vill säga vår relation till världen, förändras med avseende på dessa aspekter. Den strukturella och den referentiella aspekten av vårt erfarande är dialektiskt sammanflätade och uppträder samtidigt när vi erfar något. Variationen av skilda sätt att erfara ett fenomen blir då en följd av det faktum att skilda aspekter eller delar av helheten urskiljs eller inte urskiljs och om vi urskiljer dessa samtidigt eller ej. Marton (1995) skriver också att mycket av vårt erfarande, men långt ifrån allt, förutsätter ett språk, en kultur och en diskursiv kontext, men språk, kultur och diskursiv kontext förutsätter också mänskligt erfarande.

### **Synen på förståelse som lärandets mål**

#### *Deltagandemetaforen*

I en deltagandemetafor för lärande är förståelse något som uppstår och existerar genom deltagande i speciella aktiviteter och när aktiviteten förändras utvecklas förståelsen. Det som sker när vi lär är att vi skaffar oss förmågan att handla med nya intellektuella och fysiska redskap som allt mer kompetenta aktörer inom en verksamhet. Detta kan för naturvetenskapens del innebära att göra sig bekant med, och lära sig behärska, systematiskt uppbyggda diskurser i exempelvis biologi där termer, begrepp och påståenden hänger samman och definierar varandra. Det räcker då inte med att förstå betydelsen av enskilda termer skriver Lemke (1990). Man måste också förstå hur termer relaterar till varandra och till andra begrepp och termer inom diskursen. Fröväxters livscykel kan i detta perspektiv då förstås på olika sätt i olika praktiker, och vi kan inte utan vidare ta med oss vår förståelse och använda den i nya sammanhang.

### *Konstituerandemetaforen*

I ett variationsteoretiskt perspektiv används uttrycken ”erfara”, ”se på” och ”förstå” i synonym betydelse. Förståelsen av ett fenomen kan beskrivas som mer eller mindre komplex i förhållande till ett visst syfte. Ett grundantagande är att människor kan erfara ett fenomen på ett begränsat antal kvalitativt skilda sätt som i regel kan ordnas hierarkiskt. Den mest komplexa förståelsen innebär att fler kritiska aspekter urskiljs samtidigt och inkluderar då mindre komplexa sätt att förstå, där färre kritiska aspekter urskiljs. De olika sätt som ett fenomen förstås på inom den studerade gruppen bildar då ett hierarkiskt utfallsrum. Detta utgör det sätt som förståelsen beskrivs på i denna studie.

Ett sätt att förstå något definieras i termer av de aspekter som urskiljs vid en speciell tidpunkt och för att dessa kritiska aspekter ska urskiljas av oss måste vi erfara dimensioner av variation i relation till dessa aspekter. Vi förstår alltså inte heller i detta perspektiv samma fenomen på samma sätt i olika situationer. De aspekter som vi på något sätt erfar en variation av, kommer vi att urskilja, de utgör då situationens figur. Andra aspekter finns visserligen där men varierar inte i vårt erfalande, dessa aspekter utgör då situationens invarianta grund. Variationen kan vi erfara samtidigt, vid samma tidpunkt, synkronisk simultanitet, eller med hjälp av vårt minne av tidigare erfaren variation, diakronisk simultanitet. Vårt handlande i en viss situation beror i ett variationsteoretiskt perspektiv inte av situationen i sig i någon objektiv mening utan på hur vi förstår situationen i fråga.

Elever kan använda samma ord, men mena olika begrepp och tvärtom. Anderberg (2000) påpekar därför vikten av att finna vad olika begrepp innebär för en elev med avseende på olika associationsmönster eftersom begreppens innebörd kan representera den lärandes dekontextualiserade förståelse för ett begrepp. Linder (1993) föreslår begreppet *conceptual dispersion* (begreppslik spridning, min övers.) som förklaring till att en individ kan erfara ett fenomen på olika sätt i olika kontexter. Detta kan också, enligt Linder & Marshall (2003), fånga naturen hos de begreppslika omsvängningar som människor kan uppvisa när de blir ombedda att förklara hur de förstår ett fenomen tvärsöver sociala och disciplinära kontexter. Skillnaden ligger i, menar Linder & Marshall (ibid.), huruvida individen är medveten eller ej om att det egna sättet att förstå ett fenomen varierar med situation, behov och sammanhang. Detta kan illustrera det variationsteoretiska

perspektivets syn på att olika sätt att förstå något kan ordnas hierarkiskt i förhållande till ett visst syfte och att ett sätt att förstå något då kan vara ändamålsenligare än ett annat.

Med ett sociokulturellt språkbruk skulle vi kunna säga att skolans uppgift är att förbereda eleverna för deras deltagande i *framtida* praktiker. Om vi lär genom att delta i olika praktiker, som hävdas i de sociokulturella perspektiven, så måste enligt variationsteorin särskilda mönster av variation framträda i dessa praktiker (Marton & Trigwell, 2000). Våra möjligheter att möta nya, okända situationer kommer att vara beroende av den variation vi stött på tidigare i livet, möjligheten att erfara variation förbereder oss alltså för variation. Hur kan vi dra nytta av att ha haft särskilda erfarenheter inför nya erfarenheter vi ställs inför? Ska vi försöka ge eleverna erfarenheter av situationer som vi tror kommer att likna framtida situationer? Marton & Trigwell hävdar att det inte är en fråga om likheter utan om skillnader. Vi kan bara förberedas för en okänd framtid genom möjligheten att erfara variation. Om jag exempelvis skulle få syn på ett frö jag aldrig tidigare sett är det troligt att jag ändå skulle förstå att detta också var ett frö eftersom jag har erfarenheter hur fröns utseende kan variera. Det är däremot mindre troligt att jag skulle identifiera ett okänt frö som ett frö om de enda frön jag någonsin stött på varit exempelvis solrosfrön.

Naturvetenskapen levererar inga absoluta sanningar, tvärtom är naturvetenskapens historia fylld av motsättningar om vad som representerar "sanningen" (Sjöberg, 2000; Linder & Marshall, 2003). Naturvetenskapliga modeller bör ges företräde framför andra modeller för att förklara skeenden i naturen. Vardagliga begrepp är användbara och nödvändiga då dessa formar en viktig situationsbunden kunskap som utgör grunden för mycket av vår kommunikation med andra människor. Vetenskapliga begrepp däremot, bör kunna beskriva, förklara och förutsäga skeenden i naturen på ett dekontextualiserat och generellt giltigt sätt. Skolans uppgift är, som även Ott (2000) föreslår, att förena vardagsdiskursen med den vetenskapliga diskursen. Eleverna ska lära sig att använda naturvetenskapens terminologi men också att förstå innebörden i det begrepp som en viss term betecknar. Läraren fyller här, precis som också Vygotskij hävdade, en mycket viktig funktion för avgörandet av den väg generaliseringarna tar. Det finns som jag ser det sätt att förstå växters liv på som är mer ändamålsenliga än andra sätt, därför att de ger möjligheter att

beskriva, förklara och förstå detta, men även andra skeenden i naturen, på ett mer generellt sätt.

## **Lärandets mekanismer, språkets roll och relationen undervisning—lärande**

### *Deltagandemetaforen*

I ett sociokulturellt perspektiv kan vi inte undgå att lära, frågan gäller vad som lärs när vi deltar i olika praktiker. Inom deltagandemetaforen får vi kunskap om världen genom att den förtolkas, medieras, för oss i vårt samspel med andra. I detta perspektiv ligger utvecklandet av kunskap också i avgörande stycken utanför vår kropp, som intellektuella och fysiska resurser i form av olika artefakter och redskap som vi kan använda att tänka med. Kommunikationen, interaktionen mellan människor är avgörande för hur dessa resurser skapas och förs vidare. Frågan om hur vi lär blir enligt detta perspektiv en fråga om hur vi tillägnar oss dessa resurser.

I ett sociokulturellt perspektiv är relationen tänkande—språk dialektisk. Det går heller inte att i detta perspektiv att göra en skarp åtskillnad mellan språk och handling. Att kunna uttrycka något, kommunicera något, att behärska begreppsliga system, är att kunna göra något som en kompetent deltagare. När vi kommunicerar utför vi handlingar med språkliga medel. Tanke, språk och handling är i mänsklig verksamhet integrerade.

### *Begreppsbyggnad inom deltagandemetaforen*

Vygotskij menade att när ett barn kommit att förstå ett begrepp på ett generellt plan har detta skett genom kommunikation och interaktion. Den vuxne, till exempel en lärare, kan genom språklig kommunikation bestämma vilken väg generaliseringarna skall ta, men kan inte överföra sitt sätt att tänka till barnet. I skolan möter eleverna diskurser som de inte nödvändigtvis stöter på i sin vardag. Vygotskij uttrycker det som att barnets vardagliga och spontant utvecklade begrepp utvecklas ”nerifrån och upp” medan de vetenskapliga begreppen som barnet stöter på i formaliserad undervisning utvecklas i motsatt riktning ”uppifrån och ner”. De vardagliga begreppen blir då en nödvändig bas för de mer teoretiska vetenskapliga begreppen. De vetenskapliga begreppens funktion och betydelse måste barnet lära sig genom explicita definitioner och genom att arbeta sig ner till sina egna konkreta erfarenheter och iakttagelser varmed även de vardagliga

begreppen blir mer systematiska och medvetna (Wells, 1999; Vygotskij, 1978; 1999).

#### *Deltagandemetaforen och interaktionen lärare—elev*

Vygotskij intresserade sig särskilt för hur barn i samarbete med andra klarar betydligt svårare uppgifter än vad det klarar helt på egen hand. Detta intresse resulterade i hans viktiga idéer om den *närmaste utvecklingszonen* som inte minst har stor aktualitet i dagens skola. I ”Skola för bildning” (SOU 1992:94) står till exempel: ”Interaktionen mellan utveckling och undervisning är förutsättningen för lärandet. Elevens tänkande är socialt och kulturellt bestämt”. Den närmaste utvecklingszonen definieras som avståndet mellan en utvecklingsnivå som bestäms av självständig problemlösning och den potentiella utveckling som avgörs genom problemlösning under vuxens handledning eller med assistans av mer kapabla kamrater. Tyngdpunkten ligger på instruktion och den roll denna spelar för utvecklingen av högre mentala funktioner. Instruktionen är bara användbar när den rör sig framför utvecklingen och leder till att barnet tvingas höja sig över sig självt (Wells, 1999; Vygotskij, 1999). Hur instruktionen ska fungera i praktiken har Vygotskij inte beskrivit annat än översiktligt men viktiga slutsatser av teorin om den närmaste utvecklingszonen är att lärande föregår utveckling och att lärarens assistans har avgörande betydelse för elevens lärande.

Den närmaste utvecklingszonen skapas i interaktionen mellan eleven och övriga deltagare. Av läraren krävs att denne är responsiv för det som sker under en aktivitet, en lärare siktar därmed alltid mot ett rörligt mål (Wells, *ibid.*). Teorin om den närmaste utvecklingszonen har utvecklats vidare och ägnas stor uppmärksamhet bland forskare. Konceptet kan enligt Allal & Pelgrims-Ducrey (2000) innebära en integration av utvärdering och undervisning. En värdering, ofta intuitiv, sker då av elevens förmåga att svara mot olika former av stöttning. Lärare—elev dialogen tillåter utforskning inom den utvecklingszon som skapas för ett givet barn i en given situation under pågående interaktion och av vikt blir då att diagnosen berör just de kompetenser som är avsedda att utvecklas. Ash & Levitt (2003) använder i sin artikel teorin i samband med en studie av hur lärare som arbetar inom zonen genom formativ utvärdering kan bidra inte bara till elevernas lärande utan även till sin egen professionella utveckling.



Klassrumsinteraktion kan beskrivas på många olika sätt, lotsning och scaffolding är kanske de vanligaste exemplen. Lotsning är det mönster av allt mer slutna frågor och svar som uppstår när en lärare på kort tid försöker hjälpa en elev att komma fram till rätt lösning på ett problem. Lotsning är kritiserat för att det inte hjälper en elev att utveckla sin förståelse (Schoultz, 2000). Scaffolding, på svenska närmast ”stöttning”, härrör från teorin om den närmaste utvecklingszonen och innebär en form av interaktion där eleven har möjlighet att utveckla sin förståelse och anses särskilt kritisk för utvecklandet av vetenskapliga och teoretiska begrepp. Lärarens förmåga att värdera elevens förståelse och ge instruktion som befinner sig inom räckhåll, men ändå i utkanten av det eleven behärskar, blir viktig för att detta ska fungera (Mercer, 1995; Westby & Torres-Valasques (2000). Teorin om den närmaste utvecklingszonen har i denna studie använts i analysen och diskussionen om såväl elevernas som lärarnas lärande.

#### *Konstituerandemetaforen*

Marton & Morris (2002) skriver:

Perhaps the most radical proposition in this volume is that what pupils learn is a function of what they can possibly learn.  
...We have defined what the pupils can possibly learn in terms of the enacted object of learning, described as a space of variation. Our conjecture was that is focused upon, what is taken-for-granted, what is invariant and what varies simultaneously, is of decisive importance for what is possible for pupils to learn and to achieve. (ibid. s. 140).

Urskiljande, variation och samtidighet är således de mekanismer som kännetecknar lärande inom konstituerandemetaforen. Detta skall dock inte tolkas som att om bara detta möjliggörs så orsakar det lärande. Marton, Runesson & Tsui (2004) skriver:

So now we can describe learning and teaching in relation to one another, from the point of view of learning, not as a relationship between cause and effect, but as a relationship between what is made possible and what possibilities are actually made use of. (ibid. s. 22).

#### *Konstituerandemetaforen och interaktionen i lärandets rum*

Lärande förutsätter urskiljande och urskiljande förutsätter variation det vill säga en upplevelse av kontraster. Överfört till en undervisningssituation innebär detta att vad som varierar och inte varierar, vad som nämns och inte nämns, vad som varierar samtidigt och vad som följer efter varandra är för eleverna avgörande aspekter av

undervisningen. Enligt detta synsätt är det lärarens uppgift att göra det möjligt för eleven att erfara den variation som åstadkommer ett visst sätt att se på något, det vill säga det lärande som eftersträvas. Läraren måste då vara vaksam på att läraren och eleven delar en gemensam grund i förhållande till lärandeobjektet, om möjligt öka denna grund och försäkra sig om eleven förmår att urskilja och samtidigt hålla i sitt medvetande de kritiska aspekterna och relationerna mellan dem (Tsui, 2004a).

Lärandets rum (*the space of learning*) refererar till de variationsmönster som ryms i en situation. Variationsmönster kan enligt Marton, Runesson & Tsui (2004) konstitueras på fyra olika sätt; genom kontrast, generalisering, separation och fusion. För att veta vad något är, eller inte är, måste individen erfara något att jämföra med som ger en upplevelse av kontrast. Det är till exempel möjligt att se att ett äpple inte är samma sak som ett päron. Generalisering innebär att det kan finnas varierande former av samma sak, exempelvis är både ett rött och ett grönt äpple exempel på äpplen. Om begreppet "frukt" hålls invariant, och olika fruktsorter varierar i form av äpplen, päron, plommon och apelsiner blir begreppet urskiljbart genom separation. Om det finns flera kritiska aspekter som den lärande måste urskilja samtidigt för att se något på ett visst sätt måste dessa aspekter sammanföras i erfandet. Exempelvis kan fusionen av begreppet "frukt" och begreppet "frö" ge möjligheter till mer komplex förståelse och en rikare innebörd av bägge begreppen.

En lärares frågor kan hjälpa eleverna att urskilja kritiska aspekter och att fokusera på olika aspekter samtidigt. Elevernas svar kan hjälpa dem att klargöra sin förståelse av lärandeobjektet för sig själva men också för sin lärare och för varandra. Frågor kan vidga lärandets rum men också begränsa det, exempelvis kan slutna frågor leda till att eleverna endast engagerar sig i gissningsförsök (Tsui, Marton, Mok & Ng, 2004). Lärandets rum kan också berikas genom de analogier och exempel läraren använder för att ge mening åt lärandeobjektet, liksom med hjälp av olika former av kontextuell variation (Tsui, 2004b).

Repetitionens betydelse, belyst bland annat genom studier av kinesiska elevers studief framgångar, förklaras i ett variationsteoretiskt perspektiv med att skillnaden inte ligger i differentieringen mellan "att minnas" och "att förstå" utan mellan att "minnas mekaniskt" och "att minnas det man förstått". Repetition och memorering, som är viktiga

inslag i den kinesiska skolan, har visat sig kunna fungera som ett medel för förståelse. Sättet att läsa en text, sättet att fokusera textens innehåll, kan till exempel variera från lästillfälle till lästillfälle. Variationen uppstår då till följd av repetitionen (Marton, Watkins & Tang, 1997; Marton & Trigwell, 2000). Variationens betydelse har varit central i denna studie då variationsmönster av invarianta och varianta aspekter av innehållet har stått i fokus.

### *Konstituerandemetaforen och språket*

I ett variationsteoretiskt perspektiv spelar språket en central roll för konstituerandet av lärandets rum. Att lära sig ett språk innebär för ett barn att lära sig om världen genom språket. Objekt i världen presenterar sig inte som färdigt klassificerade. Vi människor vill kunna hantera vår värld och för att åstadkomma detta gör vi klassificeringar av olika slag med språkliga medel. Relationen mellan språk och erfarenhet är dialektisk, erfaren variation gör det möjligt att urskilja distinktioner i språket och språkliga distinktioner möjliggör urskiljandet av variation. Det språk som läraren och eleven använder för att göra distinktioner i relation till lärandeobjektet blir av kritisk vikt. Språket är avgörande för hur elevernas medvetande struktureras så att det blir möjligt för dem att fokusera lärandeobjektets kritiska aspekter. Lärandeerfarenheter konstitueras alltså genom distinktioner i språket och att förstå hur detta går till är att förstå hur olika sätt att erfa lärandeobjektet åstadkoms i klassrummet.

Både de sociokulturella och det variationsteoretiska perspektivet ser alltså på språkets relation till vårt tänkande som dialektiskt och bägge perspektiven lägger stor vikt vid människors språkliga kommunikation. Föreläsare för både de sociokulturella och det variationsteoretiska perspektiven refererar också till lingvisten Michael Halliday (se till exempel Wertsch, 1998; Wells, 1999; Marton, Runesson & Tsui, 2004) som beskriver lärande som en semiotisk process där språket är den viktigaste resursen. Objektet för lärandet är inte bara utvecklingen av den lärandes meningspotential utan också utvecklandet av handling, tal och tänkande som möjliggör för den lärande att delta i fortsatta intellektuella aktiviteter.

Det som intresserat mig mest i denna studie är vad språket kan åstadkomma, det vill säga *vad* i språket som åstadkommer skillnaderna i elevernas förståelse. Vygotskijs tankar om den närmaste utvecklingszonen har lämnat ett viktigt bidrag och jag delar

uppfattningen om att lärande föregår utveckling. Men vad som faktiskt ska ske i interaktionen mellan läraren och eleven inom denna utvecklingszon har inte fått ett tillfredsställande svar. Där menar jag att de variationsmönster som konstitueras med språket som främsta medel blir avgörande.

## **Forskningens objekt och metoder**

### *Deltagandemetaforen*

I ett sociokulturellt perspektiv studeras varken hur människor tänker, eller hur de talar, här studeras hur de kommunicerar inom olika praktiker. Frågan om *vad* som lärs är central men samspelet individ-kollektiv är i fokus. I ett sociokulturellt perspektiv kan man inte studera en individs lärande eller begreppsbildning utan hänsyn till kontext. Om vi tar bort redskapen, artefakterna och den sociala praktiken, och försöker studera tänkandet och lärandet ”i sig” har vi som Säljö (2000) uttrycker det *”tappat bort vårt fenomen och ägnar oss åt studier av tämligen hjälplösa individer som berövats sina sociokulturella resurser”*. Lösningen blir i detta perspektiv att studera mänskliga handlingar och kommunikation som situerade praktiker och inte låtsas att de avslöjar mer än vad de gör. Forskningsobjekten är därför samspelet mellan individ och kollektiv inklusive artefakter i olika vereksamheter.

Försöken att studera mentala processer genom att enbart studera de statiska slutprodukterna är fruktlösa och missledande ansåg även Vygotskij, som hävdade att vi kan förstå många aspekter av mentala funktioner om vi förstår deras ursprung och de transformationer de gått igenom. ”Det är bara i rörelse som något visar sig som det är” hävdade Vygotskij (Wertsch, 1998).

I ett sociokulturellt perspektiv är intervjun ifrågasatt som datainsamlingsmetod. Man menar att intervjun är en annan praktik än den som ofta avses att undersökas. Vill vi veta något om barns naturvetenskapliga lärande i skolan ska vi studera hur naturvetenskapen kommuniceras i klassrummet och vad eleverna gör där, inte intervjua dem i ett nytt sammanhang eller utsätta dem för skriftliga test. I ett sociokulturellt perspektiv blir en intervjusituation en annan kommunikativ praktik än den som pågår i ett klassrum. Både den intervjuade och den som intervjuar deltar och konstituerar praktiken. Använder vi oss av papper och penna test för att försöka komma åt exempelvis begreppsförståelse innebär det i det

sociokulturella perspektivet ytterliggare en praktik. Då studerar vi hur någon skriver om något, varken mer eller mindre. De sociokulturella perspektivens syn på forskningsmetoder har i denna studie haft betydelse för hur intervjuerna förberetts och genomförts liksom för hur de analyserats.

### *Konstituerandemetaforen*

”Den fenomenografiska forskningens grundenhet är ett sätt att erfara någonting, och forskningens objekt är variationen i att erfara fenomen” skriver Marton & Booth (1997). En fenomenograf kan t ex fråga: På vilka olika sätt kan fenomenet x erfaras? Detta leder till beskrivningar av kollektivets, inte individers, olika sätt att erfara något. Forskningsobjektet är något som är synligt, nämligen människors beskrivningar av sina erfarenheter. Vi kan i detta perspektiv inte studera hur människor tänker, däremot hur de talar (Marton, 2000).

Lärande handlar alltid om lärande av ett visst innehåll, frågan om vad som lärs är central inom det variationsteoretiska perspektivet. Variationsteorin kan sägas precisera forskningsobjektet och redskapen för att analysera empiriska data och föra en mer meningsfull diskussion om konkreta undervisningssituationer. Man kan studera hur innehållet, lärandeobjektet, hanteras och erfars i termer av variation, urskiljning och samtidighet. Ett antagande är att en lärarens undervisningsobjekt, det som läraren avsett att undervisningen ska handla om (*the intended object of learning*) inte är detsamma som det lärandeobjekt som sedan iscensätts och som eleverna ges möjlighet att erfara, (*the enacted object of learning*) eller som det lärandeobjekt som faktiskt erfars av eleverna (*the lived object of learning*). Ett annat antagande består i att lärandeobjekt formulerade i styrdokument inte alls spelar den roll som de lärandeobjekt eleverna faktiskt möter i klassrummet. En lärare kan konstituera olika undervisningsobjekt även när de siktar på att lära ut till synes samma förmåga. Med variationsteorin som redskap blir det då möjligt att studera vilket rum för lärande som öppnar sig för eleverna i interaktionen med lärarna och med andra elever.

Marton, Runesson & Tsui (2004) skriver att pedagogiska handlingar ska ha som utgångspunkt de förmågor som de förväntas bidra till att utveckla. När vi förstår vad de lärande förväntas lära sig i en specifik situation, vad de faktiskt lär sig och varför de lär sig detta i en viss

situation men inte i en annan, kan pedagogik bli en rationell del av mänsklig verksamhet. Variationsteorin utgör redskapet för att förstå vad som är möjligt att lära sig i en viss situation, forskaren studerar då de variationsmönster som konstituerar lärandrummet (*the space of learning*). I dessa studier intervjuas inte bara deltagarna, utan relationen lärare—elev—innehåll studeras på plats och genom observationer av interaktionen i undervisningssituationen. Kunskap om hur elever förstår ett lärandeobjekt och hur undervisningen kan utvecklas kan då erhållas genom studier av hur ett lärandeobjekt hanteras i klassrummet och genom att jämföra med andra sätt att hantera samma innehåll. Lärandeobjektets kritiska aspekter måste, åtminstone till viss del, upptäckas empiriskt och för varje specifikt lärandeobjekt eftersom de kritiska aspekterna är kritiska aspekter för specifika lärandeobjekt.

De variationsmönster som konstitueras, eller inte konstitueras, bidrar på ett avgörande vis till vad vi erfar som figur och vad vi erfar som grund i en viss situation, detta gäller i undervisningssituationer likaväl som i en intervjusituation. Variationsmönster i praktiken, diskursen eller situationen ger oss möjlighet att se på den på ett visst sätt och diskurs blir för mig den process där vi kommer överens om meningen och innebörden och den process med vars hjälp vi kan åstadkomma den mening vi eftersträvar. Den innebörd något får beror som jag ser det på erfarenhet av variation och om vi kan förstå hur denna variation konstitueras kan vi också påverka människors erfarenhet. Detta inkluderar då också innebördens historia, jag ser ett värde i att studera hur sätt att erfaras kan uppstå genom att studera dem, med Vygotskijs ord, ”i rörelse” (Wertsch, 1998).

Skolan är en praktik för sig och vad individerna lär sig inom denna praktik varierar kraftigt. Varför denna variation uppstår beror av många faktorer, inte minst på att eleverna har skilda erfarenheter och möjligheter från världen utanför skolan. Det som varit intressant i denna studie är dock vad som kan göras i skolan för att åstadkomma ett bättre lärande. Precis som Marton, Runesson & Tsui (2004) tror jag att när vi förstår vad de lärande förväntas lära sig, och varför de lär sig detta i en situation men inte i en annan, så får vi också möjlighet att påverka detta. Därför har jag valt att studera sex lärares sätt att behandla samma undervisningsinnehåll och hur deras elever i sin tur förstår det.

## Definitioner av centrala begrepp

Teorier om lärande, liksom andra artefakter, är produkter av de sociala, kulturella och historiska förhållanden där de skapas. Om de ska vara användbara i andra tider och sammanhang måste de behandlas som redskap för tänkandet, redskap som själva kan förbättras under processen (Wells, 1999). Variationsteorin har varit ett redskap för mitt tänkande men ett redskap som jag i vissa fall modifierat och utnyttjat på ett annorlunda sätt än vad andra gjort före mig. Teorin har påverkat mitt sätt att samla in och analysera data men empirin har också påverkat teorin. Relationen mellan teori och empiri kännetecknas i denna studie av abduktion, det vill säga en pendling mellan deduktiv användning, och induktiv modifiering av hur variationsteorin används. Vetenskapliga termers betydelse måste bestämmas för att de ska tjäna sitt syfte, vetenskapligt bestämda begrepp blir då knutarna i ett nätverk av systematiska samband där teoretiska principer utgör trådarna. Den empiriska tolkningen av begreppen kan komma att förändras för att den systematiska kraften hos det teoretiska nätverket ska öka. I vetenskaplig forskning går därför begreppsbildning och teoribildning hand i hand (Hempel, 1966).

Ett ord är, liksom en bild, ett uttrycksmedel. Enligt svenskt synonymlexikon kan ordet term ersättas med ”fackord”, ”specialuttryck”, eller ”beteckning” medan ett begrepp är synonymt med bland annat en ”föreställning”, ”uppfattning”, ”mening”, eller en ”definierad tankeenheter”. Nationalencyklopedin (1990) förklarar ett begrepp som ”den abstrakta innebörden i en språklig term till skillnad från termen själv eller de objekt som termen betecknar”. Termers olika innebörd är något man kommer överens om inom olika kulturer eller discipliner. Hempel (1966) betonar betydelsen av att noga skilja mellan termer och begrepp. Ett vetenskapligt begrepp karaktäriseras av en explicit definition och en term är de språkliga eller symboliska uttrycken för dessa begrepp.

## Variationsteoretiska termer och begrepp

### *Lärandeobjektet*

Ett centralt begrepp inom variationsteorin är *the object of learning*, fortsättningsvis benämnt ”lärandeobjekt”. Lärandeobjektet kännetecknas av dels en generell del, det indirekta lärandeobjektet, som refererar till handlingar (minnas, urskilja, tolka, förstå), det vill säga till hur eleven försöker lära, dels till en specifik del, det direkta lärandeobjektet. Det direkta lärandeobjektet är då det innehåll mot vilket handlingarna är riktade. En lärare undervisar i syfte att åstadkomma lärande av ett visst avsett lärandeobjekt, *the intended object of learning*. Detta lärandeobjekt översätts i denna studie till ”det avsedda lärandeobjektet”. Det lärandeobjekt som eleven sedan i den faktiska undervisningssituationen får möjlighet att erfara, dvs det som realiserar i undervisningen, utgörs då av *the enacted object of learning* och översätts fortsättningsvis med ”det iscensatta lärandeobjektet”. Det som faktiskt erfars, lärandets resultat, utgörs av *the lived object of learning*” och översätts med ”det erfarna lärandeobjektet” (Marton, Runesson & Tsui, 2004).

### *Läranderummet*

”*The space of learning*”, i denna studie översatt till ”läranderummet”, refererar till det variationsmönster som ryms i en situation såsom den observeras av en forskare. Läranderummet konstitueras genom att dimensioner av variation öppnas upp och ska jämföras med ta-för-givet naturen hos frånvaron av variation. Läranderummet kan skapas genom variationsmönster i den omedelbara situationen men också genom tidigare erfarenheter som kan erbjuda nödvändig variation. Läranderummet utgör begränsningen för vad som är möjligt att lära i en viss situation. (ibid.)

### *Lärandeobjektets kritiska aspekter*

Lärandeobjektet kan ses som en förmåga att se något på ett särskilt sätt. Det kan definieras utifrån sina kritiska aspekter, det vill säga de aspekter som måste urskiljas för att åstadkomma konstituerandet av den mening som eftersträvas. Såväl begreppet lärandeobjekt som begreppet kritisk aspekt förekommer i de forskningsfrågor som ställs i denna studie (kapitel 1). Detta satte fokus på bägge dessa begrepp och vad som egentligen utgör just denna specifika studies lärandeobjekt och kritiska aspekter. Under analysen av data uppstod problem



angående detta som ställde krav på en utveckling av hur dessa begrepp kunde definieras på ett mer precist sätt.

Marton, Runesson & Tsui (ibid.) skriver angående elevernas urskiljande:

In the best case they focus on the critical aspects of the object of learning, and by doing so they learn what the teacher intended (ibid. s. 5)

I detta citat avses alltså det *avsedda* lärandeobjektets kritiska aspekter, det vill säga de aspekter som samtidigt måste urskiljas för att se på något på ett *särskilt* sätt och på ett sätt som läraren avsett.

Marton & Booth (1997) skriver:

En individs sätt att erfara ett fenomen definieras av vilka aspekter hos ett fenomen och vilka urskiljda relationer dem emellan som finns samtidigt närvarande i denna individs fokuserade medvetande (ibid.s. 134)

Här avses med de urskiljda aspekterna de aspekter som relaterar till det individen erfar, således det *erfarna* lärandeobjektet.

Marton, Runesson & Tsui (ibid.) skriver också:

...a way of seeing something can be defined in terms of the aspects that are discerned at a certain point of time...A particular way of seeing something can be defined by the aspects discerned, that is, the critical aspects of what is seen (ibid. s. 9).

liksom:

The *critical features* is critical in distinguishing one way of thinking from another, and is relative to the group participating in the study (ibid. s.24)

De kritiska aspekterna är då det som skiljer ett sätt att se på något från ett annat sätt att se på samma sak och ska betraktas relativt den grupp som studeras.

Denna studies forskningsobjekt har varit vilka olika sätt att förstå ett lärandeobjekt som finns inom en elevgrupp och hur dessa uppstått i

undervisningen. Ett sätt att se på ett lärandeobjekt kan alltså definieras med hjälp av de kritiska aspekter som urskiljs samtidigt vid en viss tidpunkt. I denna studies forskningsfråga definieras de kritiska aspekterna i relation till elevernas förståelse, det vill säga till det erfarna lärandeobjektet. Det erfarna lärandeobjektets kritiska aspekter har sedan jämförts med hur dessa erfarna aspekter hanterats, och framträtt, i det iscensatta lärandeobjektet, det vill säga vilka mönster av invarianta och varianta aspekter som eleven getts möjlighet att erfara. I idealfallet sammanfaller dessa aspekter och läraren och eleven kan mötas i ett gemensamt erfaret lärandeobjekt.

Problemet som uppstod under analysen av data gällde vad lärandeobjektet egentligen bestod av och vad som utgjorde kritiska aspekter för olika sätt att se på det. Definitionen, och beskrivningen, av både det avsedda och det iscensatta lärandeobjektet komplicerades av att undervisningsinnehållet, som behandlats i undervisningen också berörde innehållsliga komponenter utanför det direkta lärandeobjektet fröväxters livscykel. Fröväxters livscykel innefattar många av biologins mest grundläggande och komplexa skeenden men berör därmed också många generella naturvetenskapliga begrepp och förmågan att se sambanden mellan olika begrepp och nivåer visade sig, precis som Adams m.fl (2001) hävdar, vara en viktig faktor för att utveckla förståelsen. Karaktären hos det direkta lärandeobjektet var därför en av de faktorer som gjorde att behovet av ett nytt begrepp uppstod.

#### *Lärandeobjektets attribut*

Under analysen av datamaterialet uppstod behovet av att kunna beskriva lärandeobjektet mer detaljerat. Begreppet *attribut* infördes därför för detta ändamål. Enligt Svensk synonymordbok kan termen attribut ersättas med exempelvis "kännetecken", eller "särmarke". En databassökning på hur termen använts inom det pedagogiska forskningsfältet visade att den främst använts för att beskriva egenskaper hos människor, vilka attribut som utmärker en god lärare eller en kvalificerad skollärdare exempelvis. Termen används också för att beskriva attribut hos goda lärmiljöer eller attribut hos interaktionen mellan människa och IT- verktyg. Adams m.fl. (ibid.) använder termen attribut som beteckning för de övergripande faktorer som påverkar begrepps-förståelse, varav ovan nämnda faktor är en. Någon användning liknande denna studies har jag inte funnit, därmed inte sagt att så inte skulle kunna vara fallet.

Attributen utgör de innehållsliga komponenter som format lärandeobjektet och som förekommer i datamaterialet. Lärandeobjektets attribut kan alltså förstås som en sammanställning av de innehållsliga komponenter hos fröväxters livscykel som lärare och elever i någon form kommit i kontakt med eller talat om men attribut hämtade utanför detta direkta lärandeobjekt har också förekommit. När jag identifierat och sammanställt attributen har jag inte använt mig av lärarnas och elevernas språkbruk. I mina sammanställningar (kapitel 5) av de attribut som tillsammans utgör lärandeobjektets innehåll har jag använt en naturvetenskaplig terminologi. När lärare och elever talat om attributen kan de ha använt ett annat språkbruk, en annan terminologi men enligt mitt sätt att se ändå avsett eller berört samma begrepp. Exempelvis kan ett attribut med naturvetenskaplig terminologi beskrivas som "fotosyntesen omvandlar solenergi till kemisk energi" medan en elev kan uttrycka detta som att "växter gör om solenergin till en annan sorts energi som vi kan använda".

Attributen relaterar alltså framför allt till ämnesinnehållet. Lärare kan sedan erbjuda eleverna kontakt med olika attribut hos lärandeobjektet men de kan göra detta på varierande sätt som ger attributen olika innebörd och mening för eleverna. Marton & Booth (1997) beskriver erfärande med att detta har dels en strukturell aspekt, dels en referentiell aspekt, en meningsaspekt, som är dialektiskt och intimt sammanflätade med varandra. En lärare gör ett urval av attribut som förs fram i undervisningen och variationsmönster konstitueras för attributen som medför att de erfars på olika sätt av eleverna, attributen får då olika mening. När ett nytt attribut införs förändras både strukturen och meningen hos lärandeobjektet. Den nya strukturen kan även förändra meningen hos de attribut som införts sedan tidigare.

Om lärandeobjektets kritiska aspekter är det som definierar ett sätt att förstå det på, innebär detta att de kritiska aspekterna kan definieras som det sätt varpå attributen struktureras och ges mening i ett erfärande och de kritiska aspekterna relaterar därmed i högre grad till förståelsen än vad attributen gör. Uttryckt på ett annat sätt kan attributen sägas referera till erfärandets strukturella aspekt medan de kritiska aspekterna refererar till meningsaspekten hos erfärandet. Ett attribut är därmed inte det samma som en kritisk aspekt, men en viss *innebörd* hos ett attribut kan vara en kritisk aspekt av ett visst sätt att förstå lärandeobjektet.

Av denna definition följer att det lärandeobjekt som en lärare avsett att eleverna ska förstå inte enbart utgörs av ett antal utvalda attribut, utan också av en viss mening och innebörd hos dessa attribut. Denna mening framträder i sin tur beroende på hur attributen struktureras genom de variationsmönster som konstitueras för attributen och detta formar det iscensatta lärandeobjektet. Det sätt varpå attributen sedan struktureras i elevernas förståelse utgör till sist det erfarna lärandeobjektet. Jag har valt att använda termen *attribut* när jag beskriver komponenter av lärandeobjektets innehåll, medan jag har använt mig av termen *kritisk aspekt* när jag beskriver hur attributen kan struktureras och förstås och som formar olika kategorier av sätt förstå fröväxters livscykel. Ett exempel på ett attribut är att frövitans innehåller ett näringsförråd för embryot i fröet. Ett annat exempel på ett attribut är att fröet behöver syre för att gro. När ett attribut om förbränning som något som kräver syre och ett bränsle införs, och variationsmönster för detta konstitueras, kan *innebörden* hos attributen om frövitans och fröets syrebehov förändras. De bägge attributen kan då få ett samband med varandra, frövitans blir ett bränsle i embryots cellandning och syret krävs för den förbränningsprocess som cellandningen innebär. Skillnaderna och sambanden mellan begreppet attribut och begreppet kritisk aspekt såsom jag har använt dem kommer att framstå tydligare med hjälp av ytterligare konkreta exempel som ges i resultatkapitlet.

## 4 Metod

### Inledning

Det tidigare samarbetet mellan mig och de sex lärarna betecknade jag som en aktionsforskningsstudie (Vikström, 2002). Aktionsforskning som begrepp och paradigm är, som redogjorts för i kapitel 1, omdiskuterat. Min syn på aktionsforskning har dock avdramatiserats och jag har allt mer kommit att närma mig ståndpunkten att så gott som all praxisnära forskning, där lärare och forskare arbetar tillsammans i klassrummet, är mer eller mindre att betrakta som aktionsforskning i den meningen att forskaren påverkar forskningsprocessen och fältet för kunskapsproduktionen. Syftet med forskning är att finna ny kunskap men att samtidigt som forskare försöka lämna positiva spår i det fält som utgör grunden för kunskapsgenereringen ser jag inte som någon nackdel, tvärtom har lärarnas möjligheter till lärande även denna gång varit en viktig del av arbetet. Precis som tidigare har jag också ansett att lärande med Vygotskijs ord bäst kan studeras ”i rörelse” (Wertsch, 1998) innebärande att genom att försöka åstadkomma lärande kan lärandet studeras.

Lärandeobjektet är det som har varit utgångspunkten genom hela den empiriska studien och datainsamlingen och analysen har varit inriktad på att finna kunskap om hur elever och lärare relaterat till detta lärandeobjekt.

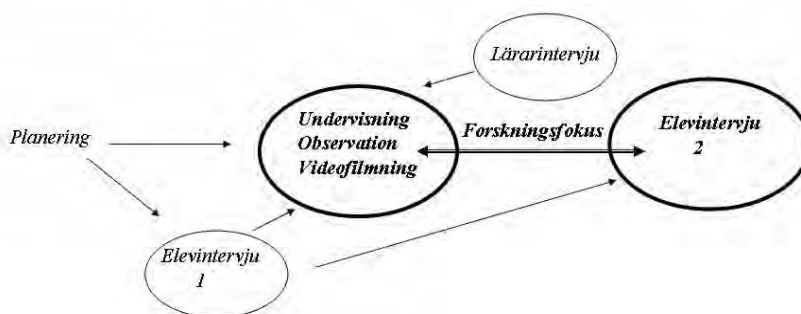
### Datainsamling

#### Studiens design

Förberedelserna för den empiriska studien startade i februari 2004 och datainsamlingen var avslutad i maj samma år. Datainsamlingen har bestått av följande delar:

- Tre planeringsmöten med vardera lärarlaget.
- Inledande intervjuer med tre elever från vardera läraren, totalt arton elever. Denna intervju videofilmades.
- Uppföljande möten med lärarna med anledning av de inledande intervjuernas resultat.
- Åtta till nio genomförda undervisningstillfällen på ungefär sextio minuter vardera i varje klass.

- En till två observerade lektionstillfällen för vardera läraren.
- Ett avslutande videofilmade lektionstillfälle för vardera läraren.
- Stimulated recall intervju med vardera läraren.
- Avslutande intervjuer med de arton eleverna. Vid detta tillfälle fick eleverna också se videofilmen från det första intervjutillfället.



Figur 1. Datainsamlingen i relation till forskningsfokus

I figur 1 beskrivs datainsamlingen i relation till forskningsfokus, relationen mellan undervisning och lärande. Under planeringsfasen diskuterades vad som skulle komma att utgöra lärandeobjektet. Denna fas påverkade i hög grad undervisningens utformning. De inledande elevintervjuerna utfördes sedan i syfte att få en grund mot vilken elevernas lärande kunde betraktas. Dessa intervjuer påverkade också undervisningen då de fyllde en viktig funktion för att ge lärarna kunskap om elevernas förförståelse. Observationerna och videofilmningen av undervisningen gav möjlighet att få kunskap om det som ägt rum i undervisningen. Tillsammans med den första elevintervjun utgjorde detta också en viktig grund för den avslutande intervjun med eleverna eftersom detta gett data om vad eleverna varit med om. Lärarintervjun (stimulated recall) gav ytterligare kunskap om undervisningen såsom den beskrevs och tolkades av lärarna själva. Den avslutande intervjun med eleverna bidrog med huvuddelen av de data som ligger till grund för kategoriseringen av olika sätt att förstå lärandeobjektet. Denna intervju innehöll också en stimulated recall situation då eleverna fick se sig själva på videofilmen från den första intervjun. Syftet med att använda stimulated recall var att finna kunskap om hur eleverna relaterade till sitt eget lärande.

Variationsteorin utgjorde det perspektiv som gjorde det möjligt att både samla in och analysera datamaterialet i form mönster av invarianta och varianta aspekter.

### **Deltagare**

Hur kontakten med de sex lärarna etablerades, liksom de sex lärarnas pedagogiska bakgrund och skolmiljö, har beskrivits i kapitel 1. Det föll sig på alla sätt naturligt att fortsätta samarbetet med dessa lärare även i denna nya studie. För att underlätta för läsaren har fortsättningsvis de sex lärarnas namn skrivits med versaler.

De elever som deltagit går i skolår 1-6. ANNIKA, BIRGIT och CAJSA i lärarlaget på Fjärdskolan undervisar var sin åldersintegrerad grupp i skolår 4-6. DORIS och EVA på Backskolan undervisar yngre barn i skolår 1-3, även dessa åldersintegrerade. Deras kollega FRIDA undervisar en elevgrupp i skolår 6. Gruppstorlekarna varierar från 15 till 23 elever. Tre elever per lärare valdes ut för intervjuerna. De intervjuade eleverna har fått fingerade namn med samma begynnelsebokstav som sina respektive lärare. Andra elever som förekommer i resultatredovisningen har tilldelats namn med helt andra begynnelsebokstäver. Urvalet av elever gjordes av lärarna själva efter att de fått instruktion att välja elever som de ansåg visat på olika sätt att förstå och lära naturvetenskap. Instruktionen till lärarna gick alltså ut på att de skulle välja elever som kunde erbjuda den variation i sätt att förstå ett innehåll som jag var ute efter. Jag poängterade här att det inte var fråga om att välja ut elever som representerade de ”duktiga” eller de ”svaga” eleverna med avseende på skolresultat. Ett annat urvalskriterium var att eleverna skulle vara positivt inställda till själva intervjusituationen. Något särskilt urval efter kön eller ålder gjordes inte.

Tabell 1: Deltagande skolor, lärare och intervjuade elever

Skola	Lärare	Elever (ålder)
Fjärdskolan	ANNIKA BIRGIT CAJSA	Anna (11), Anders (12), Axel (10) Beatrice (10), Bella (12) Bosse (11) Calle (11), Camilla (10), Christian (12)
Backskolan	DORIS EVA FRIDA	David (9), Desirée (7), Disa (9) Emelie (9), Emil (7), Erik (9). Fanny (12), Fia (12), Filip (12).

## Planeringsmöten

### *Lärandeobjektet definieras*

Vid de planeringsmöten som genomfördes innan datainsamlingen startade ordnades en mängd praktiska detaljer som till exempel när och var de olika datainsamlingsmomenten skulle genomföras. Jag beskrev också vad min forskning gick ut på och vilka frågor jag ville söka svar på. Under samma tid ordnades också de skriftliga tillstånd från föräldrar som krävs när videofilmning av elever under 18 år ska genomföras.

Det viktigaste under denna fas var dock att definiera ett gemensamt lärandeobjekt. Valet av fröväxters livscykel hade flera orsaker. Studien skulle genomföras på våren och odling av olika slag var något de bägge arbetslagen tänkt arbeta med i vilket fall som helst. En studie med detta innehåll störde därför inte skolornas ordinarie planering i någon högre grad utan blev ett naturligt och berikande inslag. I de aktionscykler som beskrivits i kapitel 1 hade liknande innehåll behandlats vilket jag ansåg gav ett bra utgångsläge. Steget från att undervisa om de processer som äger rum när en amaryllis växer (Vikström, 2002), till undervisning om fröet och fröets tillväxt var inte särskilt långt. Dessutom utgör ”att känna till livscykeln för några växter” ett mål att uppnå i kursplanen i biologi för skolår 5 vilket gav valet av lärandeobjekt ytterligare relevans.

Definierandet av ett gemensamt lärandeobjekt innebar att vi tillsammans diskuterade frågorna: Vad vill vi att undervisningen ska åstadkomma? Vad vill vi att eleverna ska komma att förstå och vad kan det innebära att förstå detta? Arbetsområdet döptes till ”Ärtan” och kan också ses som en femte aktionscykel i ”Amaryllisens”



efterföljd (Vikström, 2002). ”Ärtan” skulle alltså behandla fröväxternas livscykel från frö till vuxen, reproduktiv planta. Under tidigare aktionscykler hade ekologisk förståelse, i form av insikter gällande materians kretslopp och energins flöden genom ekosystemen, varit ett övergripande mål som placerats i olika sammanhang som till exempel skolträdgården eller insjöns ekosystem. Strävan efter denna förståelse skulle nu placeras i den kontext som fröväxters livscykel utgjorde. Valet av lärandeobjekt blev alltså en naturlig följd av vårt tidigare samarbete.

När ett innehåll problematiseras och inte tas för givet förs diskussioner om vad det kan innebära att exempelvis ”känna till” något. De diskussioner vi förde ledde fram till att innebörden av att ”*känna till livscykeln för en växt*” kunde innebära att besvara frågor som: Vad är ett frö? Vad finns inuti ett frö? Varifrån kommer frön och hur har de bildats? Vad krävs för att ett frö ska gro och vad händer när ett frö gror? Vad händer när det växer upp till en vuxen planta som i sin tur kan bilda egna frön? Dessa frågor svar diskuterades också, och insikter om att de kunde besvaras på en mängd olika sätt och med olika grad av komplexitet växte fram. Under dessa diskussioner förde jag utifrån min biologilärarkompetens också fram min egen syn på innehållsliga aspekter värda att beakta.

### *Undervisningens utformning*

Med diskussionerna från planeringsmötena som grund formulerade jag en enkel beskrivning av lärandeobjektet som redovisas i bilaga 1 och som lärarna fick tillgång till innan arbetet med ”Ärtan” startade. Denna bilaga kan sägas innehålla de attribut hos lärandeobjektet som vi i inledningsvis kom fram till kunde komma att utgöra undervisningens innehåll. Dessa attribut är kanske inte de mest typiska man skulle förvänta sig att lärare i dessa tidiga skolår skulle föra fram i undervisning om fröväxters livscykel. Här saknas kanske också några av de attribut en ämneslärare i biologi skulle tycka vara mest representativa för begreppet livscykel. Här fokuseras exempelvis i betydande grad på biokemiska processer. Anledningen till detta är det intresse för ekologisk förståelse som funnits med i vårt samarbete sedan starten och där fotosyntesen och cellandningen varit centrala begrepp. Respektive lärarlag fick också av mig en samling biologiska texter där de kunde finna svar på de eventuella biologiska fackfrågor de kunde tänkas ställas inför. Jag bidrog också med visst material som beskrev experiment, odlingsförsök mm. Dessa texter berörde jag inte

på något särskilt sätt utan överlåt åt lärarna att använda dem efter eget behov.

Vi kom under planeringsmötena överens om att ca sex lektions-tillfällen skulle genomföras. När arbetsområdet avslutats visade det sig att åtta eller nio undervisningstillfällen på ca sextio minuter vardera hade genomförts. Alla lärare hade upplevt att sex tillfällen var otillräckligt för att hinna med arbetsområdet på ett tillfredsställande sätt. Lärarna fick full frihet att göra urval, organisera och genomföra undervisningen på det sätt de önskade. Mycket av detaljplaneringen genomfördes sedan av respektive arbetslag utan min medverkan.

Under vårt tidigare samarbete (Vikström, 2002) hade de sex lärarna kommit i begränsad kontakt med variationsteorin. Vi berörde också variationsteorin under planeringen av denna studie men även denna gång i begränsad omfattning. De deltagande lärarna hade ingen extra tid till sitt förfogande utan samarbetet med mig skedde helt ideellt. Detta gjorde mig tveksam till att begära av dem att de exempelvis skulle läsa extra litteratur på området. Jag kan därför inte påstå att lärarna själva i någon större utsträckning *medvetet* använde variationsteorin som redskap i sin undervisning. Däremot hade jag lagt märke till, precis som andra före mig (se t ex Marton & Morris, 2002) att variation i form av olika exempel och jämförelser, var något de ofta utnyttjade i sin undervisning och att detta verkade vara en del av deras professionella kunskap. Även om närmare studier av variations-teorin för lärarnas egen del kanske hade kunnat berika studien har jag funnit det minst lika intressant att reflektera över hur variation används av lärare på ett mer eller mindre omedvetet plan.

Marton & Morris (2002) formulerar det som jag och studiens sex lärare försökt åstadkomma:

If there is any lesson to be learnt from the studies in this volume, it should be that it is not the objects of learning in the curriculum document in the rhetoric form that matter, but the objects of learning that the pupils encounter in their classroom. These objects cannot be looked up in any documents; they have to be found, discovered, developed, and constituted together with the pupils. This view implies a conception of the curriculum that is not so much a printed document, but an ever evolving lived reality, a lived curriculum in perpetual evolution...

...it could, and it should, start with a few interested teachers supported by people from the universities. While engaging in learning studies and developing different enacted objects of learning, describing and documenting their effects, the teachers would also develop their own competence for doing the job (ibid. s. 141-142)

Lo, Marton, Pang & Pong (2004) beskriver en lärandestudie (*learning study*) som en sorts designat experiment i sex steg från definierandet av lärandeobjektet, undersökning av elevernas förförståelse till designandet av en undervisningsplan som genomförs och utvärderas och vars resultat sprids. Det som skiljer denna studie från den beskrivningen är framförallt steg tre, designandet av undervisningsplanen. Någon gemensam plan för undervisningens genomförande gjordes alltså inte. Det enda vi gemensamt kom överens om var att det sista undervisningstillfället, det som skulle videofilmas, skulle behandla *hela* lärandeobjektet fröväxters livscykel och att en strävan då skulle vara att ”knyta ihop säcken” för eleverna genom att beröra alla de innehållsliga frågor som formulerats ovan.

### **Inledande elevintervjuer**

Innan undervisningen startade intervjuade jag arton elever, tre från respektive lärare. Antalet bestämdes utifrån en uppskattning av att detta var ett tillräckligt antal för att få nog med data, men också ett antal som det var möjligt att hinna med inom rimlig tid. Intervjuerna genomfördes i ett enskilt rum på skolan och varade mellan femton och trettio minuter beroende på hur pratsamma eleverna visade sig vara. Jag och eleven satt tillsammans vid ett bord där en liten digital bandspelare var placerad. Framför oss stod en videokamera på stativ som videofilmade hela intervjun. Videofilmningens främsta syfte var att filmen skulle användas i en stimulated recall situation vid den avslutande intervjun.

Intervjufrågorna formades runt frågeområden som utgick från lärandeobjektet och de frågor som formulerats då detta definierades; frågor om vad ett frö är, vad som finns inuti, vad som krävs för att det ska gro, vad som händer då fröet gro och växer upp till en planta, varifrån frön kommer och hur de bildas. Till sin hjälp fick eleverna ett antal meningsfulla och välkända artefakter som tankestöd (Schoultz, 2000). Dessa bestod av en omfattande samling av olika sorters frön, en kruka med jord och en levande växt. Dessutom användes miljön i rummet på olika sätt, exempelvis i samtal om ljusets betydelse, om krukans skulle stå i skåpet eller vid fönstret och liknande.

De flesta eleverna kände mig sedan tidigare och de visste att jag var ”*deras frökens biologifröken*” och att jag arbetade med forskning om vad barn lär sig i skolan. Jag förklarade för dem vad min forskning gick ut på och att jag ville att de skulle berätta så gott de kunde om de olika saker jag frågade dem om och att jag var intresserad av hur de tänkte. Överlag var eleverna avspända och villiga att prata, bara ett fåtal visade blygsel eller rädsla över att svara ”fel”. Artefakterna fyllde en viktig funktion, eleverna rörde mycket vid dem, pekade och utgick från dem när de berättade. Videokameran kunde de under de första minuterna visa lite osäkerhet inför men det tog inte lång stund innan den verkade vara mer eller mindre bortglömd. De flesta av dessa elever hade dessutom blivit intervjuade om sin förståelse av olika lärandeobjekt tidigare (Vikström, 2002).

Samtliga intervjuer transkriberades ordagrant kort tid efter att de genomförts. Dessa transkript utgjordes sammanlagt av ca 70 sidor. Lärarna fick tillgång till transkripten och vi träffades dessutom vid ett tillfälle efter genomförda inledande intervjuer och diskuterade den information som dessa gett oss. På detta sätt fick lärarna möjlighet att skaffa sig kännedom om elevernas förståelse av lärandeobjektet innan undervisningen startade.

### **Observationer**

När två till tre undervisningstillfällen genomförts besökte jag respektive lärare under en och i något fall två lektioner. Vid dessa tillfällen förde jag observationsanteckningar som renskrivna på dator motsvarades av ett par sidor per lärare. Efter den observerade lektionen träffades jag och läraren för ett uppföljande samtal om hur arbetet fortlöpte. Jag fick då information om vad som redan genomförts och om vad som var planerat i undervisningen. Lärarna fick tillfälle att ställa frågor, bland annat om den förestående videofilmningen. Frågor från lärarna om det biologiska innehållet som de fick svar på av mig förekom också. Utöver dessa observations-tillfällen besökte jag dessutom vardera läraren och deras elever vid ett par tillfällen med min videokamera för att själv för egen del öva filmteknik och för att elever och lärare skulle få en chans att uppleva hur det kändes att bli filmade och en chans att se hur resultatet kunde se ut. Vid dessa filmningstillfällen behandlade inte undervisningen ”Ärtan” utan det som då var viktigt var själva filmningen och utprovet av tekniken som sådan.

Observationerna gav information om hur lärarna behandlade delar av lärandeobjektet och ett underlag inför de avslutande intervjuerna med lärarna och eleverna. En annan viktig funktion dessa besök hade var att de gjorde min närvaro i klassrummet naturlig och att jag blev en bekant deltagare i arbetet med "Ärtan".

### **Videofilmat lektionstillfälle**

En videofilm ger helt andra möjligheter än en vanlig observation att i efterhand, och repetitivt, studera skeenden i ett klassrum (Jordan & Hendersson, 1995). Arbetet med "Ärtan" pågick under en dryg månads tid. Överenskommelsen var att det sista tillfället skulle videofilmas och att detta skulle behandla arbetsrådets alla innehållsliga frågor. Även om undervisningen i ett par fall fortsatte med ytterligare ett par lektioner även efter det videofilmade tillfället så fungerade överenskommelsen om vad denna lektion skulle innehålla mycket väl. Varje lärare och deras respektive elever filmades under ca sextio minuter vardera. Filmerna visar många och varierande exempel på hur lärare och elever interagerar runt alla de frågor vi försökt att definiera som det gemensamma lärandeobjektet.

Filmningen genomfördes med en modern och lätthanterlig digital videokamera (SONY-DCR-TRV33E) som jag bar i min hand och som jag lätt kunde röra mig med överallt i klassrummet. En intressant fråga blir då hur min närvaro påverkade elevers och lärares beteende. Här gjorde jag liknande erfarenheter som till exempel Alexandersson (1994a). Jag noterade att eleverna, särskilt i början av lektionen, ibland försökte fånga kamerans blick men att denna tendens avtog efter en kort tid. På min fråga till lärarna om de tyckte att eleverna uppträdde som vanligt, fick jag svaret från ett par av lärarna att eleverna kanske varit något mer tystlåtna än vanligt, särskilt under inledningen av lektionen. Ett helhetsintryck både jag och lärarna hade var dock att elevernas uppträdande var naturligt och avspänt. Ett par av lärarna sade sig vara nervösa inför filmningen. Denna nervositet kunde jag också se spår av i början av lektionen men även detta var något som avtog under lektionens gång.

Själva filmtekniken hade naturligtvis en koppling till vad filmen skulle användas till. Det som stod i centrum för mitt intresse var lärarnas och elevernas interaktion runt lärandeobjektet, inte interaktionen som sådan. Vad som skulle vara fokus för min analys stod därför klart i förväg på ett annat sätt än för till exempel

Alexandersson (1994a) eller Haglund (2004) som studerade lärares respektive fritidspedagogers handlingar och reflektioner utan detta fokus på ett specifikt lärandeobjekt. Med denna utgångspunkt gjordes därför ett urval på vad som skulle filmas. Min strävan var att fånga in det som utspelade sig mellan elever och lärare på ett så bra sätt som möjligt, såväl samtal som andra handlingar. Jag ville dessutom få med läromedel, arbetsuppgifter och övriga artefakter som användes i undervisningen. En stillastående kamera hade gjort det svårare att komma så nära lärare och elev som jag nu gjorde, zoomfunktionen hade till exempel inte kunnat användas.

Filmen skulle dessutom användas för en stimulated recall intervju med läraren. Därför följde kameran läraren, kameran hade sin "blick på läraren", den följde inte "lärarens blick" (Heikkilä & Sahlström, 2003). Bildkvaliteten är mycket bra och med zoomfunktionen var det enkelt att även få med texter, elevarbeten och annat material som användes. Undervisningssituationen som sådan framgår därför tydligt på filmen. Även det mesta av samtalen som förs hörs på filmen. Under provfilmningarna hade jag dock konstaterat att just detta att fånga in allt som sägs i samtalen mellan lärare och elever var ett problem eftersom särskilt vissa av eleverna talade mycket tyst. Detta löstes på ett bra sätt med hjälp av en liten digital bandspelare som läraren bar fastsatt på sitt bröst. Denna bandspelare fångade in så gott som allt som sades i samtalen. Däremot gjordes inga försök att fånga in de parallella samtal som pågick mellan elever där läraren inte var närvarande.

Videofilmerna har transkriberats i sin helhet. Detta innebär att jag i löpande text beskrivit det som hände på filmen, till exempel vilken arbetsuppgift som eleverna arbetade med, vad läraren gjorde, vilket material och vilka läromedel som användes, hur arbetet organiserats och liknande. Icke-verbalt beteende har jag däremot inte försökt beskriva annat än undantagsvis. Mellan de textavsnitt som på detta sätt beskriver själva undervisningssituationen, finns de samtal mellan lärare och elever som förekommer i anslutning till denna situation ordagrant transkriberade. Transkripten från videofilmerna utgörs av totalt ca 175 sidor. Vardera läraren fick tillgång till transkriptet från sin egen lektion.

## **Stimulated recall intervjuer med lärarna**

Omedelbart efter den videofilmade lektionen genomfördes en stimulated recall intervju med respektive lärare. Vikten av att genomföra intervjun inom en kort tid efter filmupptagningen för att ge den intervjuade möjlighet att minnas situationerna som utspelat sig poängteras av bland andra Haglund (2004). Läraren och jag tittade tillsammans på videofilmen och samtalet som fördes spelades in på en digital bandspelare. Instruktionen till lärarna var enkel, jag berättade att jag var intresserad av att få deras perspektiv och deras kommentarer till vad som utspelade sig på filmen. Lärarna uppmanades att själva stoppa filmen och kommentera när de så önskade men att även jag skulle göra detsamma då det var något jag ville fråga om. Jag underströk också att vårt samtal skulle ha ett innehållsligt fokus, med avseende på lärandeobjektet "Ärtan". Innan vi startade filmen ställde jag ett antal inledande frågor om hur läraren upplevt arbetet, vilka målsättningar som de tyckte uppfyllts på ett bra sätt och vilka målsättningar de upplevde som mindre väl uppfyllda. Utgångspunkten för dessa inledande frågor var dokumentet i bilaga 1.

Därefter startades videofilmen och själva stimulated recall intervjun genomfördes. Lärarna var överlag mycket öppna och talföra, en del dock mer än andra varför intervjuernas längd kom att variera mellan 1 timme och 40 minuter och 2 timmar och 30 minuter, inklusive de tysta stunderna då vi såg på filmen. Initiativ till att stoppa filmen togs lika ofta av lärarna som av mig, kanske något oftare av mig än för de mindre pratsamma av lärarna. Samtalet då filmen stod stilla kunde pågå under ganska långa tidsrymder och vi kunde då lämna den videofilmade lektionen och tala om det som ägt rum under hela arbetet. I huvudsak rörde samtalet lärandeobjektet men många allmänna frågor om undervisning och lärande berördes också, liksom rent personliga saker som rörde den enskilde läraren och de filmade eleverna. Vi talade också om de gemensamma erfarenheter vi delade allt sedan vårt samarbete startade. Flera av lärarna hade också med sig eget material till intervjun, exempel på lektionsplaneringar och elevuppgifter, som de använde när de beskrev sitt arbete för mig. På detta sätt utgjorde stimulated recall intervjun inte bara en intervju i syfte att erhålla lärarens reflektioner över videofilmen utan den blev en intervju som följde upp hela vårt arbete. Därför fann jag det inte nödvändigt att genomföra något eftersamtal som t ex Alexandersson (1994a) och Haglund (2004) gjorde.

Hammersley & Atkinson (1995) skriver att forskaren skall sträva efter att underlätta intervjusamtalet och ge informanten möjlighet att tala utifrån sina egna villkor. Kvale (1997) anger att omfattningen av rika och relevanta svar på de ställda frågorna utgör ett kvalitetskriterium på en god intervju och detta kriterium uppfylldes väl. Jag hade också kännedom om lärarnas undervisning och erfarenheter, även från vårt tidigare samarbete, och detta gjorde det möjligt att förbereda specifika frågor till respektive lärare.

Intervjun gav exempel på lärarnas beskrivningar av hur de på olika sätt använt sig av variationsmönster sin undervisning och jag kunde också tack vare denna intervju få data om vilka attribut lärarna särskilt lyft fram i fokus för sin undervisning och vilka motiv de hade till sitt urval. Redan vid mina observationsbesök hade jag lagt märke till skillnader i lärarnas hantering av lärandeobjektet. Dessa skillnader blev än tydligare för mig under den lektion jag filmade och när jag själv därefter såg på filmen tillsammans med läraren. Jag kunde därför stoppa filmen och be om lärarens förklaring av det som hände vid just de tillfällen där intressant variation förekom. Däremot har jag inte försökt finna hur läraren själv förstår lärandeobjektet som sådant, utan enbart den innebörd lärandeobjektet fått såsom det uttryckts av lärarna då det kommunicerats till eleverna (Runesson, 1999) och den innebörd lärarna själva eftersträvat.

Även denna intervju transkriberades ordagrant och transkripten utgörs av totalt ca 110 sidor. Liksom för den videofilmade lektionen fick vardera läraren tillgång till respektive transkript. Dessa transkript innehåller data som skulle kunna vara intressanta på många sätt, inte minst för studier av hur lärare reflekterar över sina egna handlingar, om lärares teorier och kunskapsbyggande om undervisning och lärande och upplevelser av att delta i ett forskningsprojekt som detta. Jag har dock valt att i denna studie göra en begränsning som inneburit att jag från stimulated recall intervjuerna valt ut de mer specifika data som kunnat belysa hur lärarna relaterat till lärandeobjektet och till sina elevers lärande av detta.

### **Avslutande elevintervjuer**

När undervisningen liksom all övrig datainsamling genomförts, följde de avslutande intervjuerna med de arton eleverna. Dessa intervjuer ägde rum i samma lokal och med tillgång till samma artefakter som vid de inledande. Dessutom fick några av de elever som visade på



svårigheter att berätta om blommors förökning tillgång till en enkel bild av en blomma i genomskärning. Vi tittade också tillsammans på den videofilm som visade vår första intervju.

Jag hade förberett mig för denna avslutande intervju på flera sätt. Jag hade sett videofilmen från det första intervjutillfället upprepade gånger. Denna intervju var också fullständigt transkriberad. Många specifika frågor hade redan väckt mitt intresse, frågor som var specifika i förhållande till den enskilde eleven och vad jag visste att denna elev varit med om under de senaste veckorna. Jag utgick under intervjun från samma frågeområden som vid den inledande intervjun men hade dessutom för den individuella eleven noterat ytterligare frågor av mer specifik natur. Intervjun fortlöpte så att jag inledningsvis ställde samma fråga som vid den första intervjun. Elevens svar följdes därefter av ytterligare frågor där min strävan var att så långt det var möjligt finna den mening som eleven avsåg. Här var min övriga datainsamling ytterst värdefull. Eftersom jag visste vad eleven i fråga varit med om, till exempel vilka attribut hos lärandeobjektet som i undervisningen lyfts fram för eleven och vilka som inte lyfts fram, samt vilket språkbruk och vilka termer som då använts, var det möjligt för mig att ställa frågor på ett sätt som jag vill hävda gjorde att vi förstod varandra bättre. Vi delade i stor utsträckning en gemensam grund och fokuserade samma aspekter (Tsui, 2004b). Min kännedom om vad eleverna och deras lärare arbetat med även under tidigare år var också värdefullt. Allt detta medförde möjligheter att ställa frågor av typen ”*minns du när ni satte den där ärtplantan i skåpet?*” eller ”*minns du när ni jobbade med skolträdgården i förra året?*” ett skifte av kontexter i tid och rum och som gav möjligheter för dem att urskilja de aspekter som var relevanta för situationen i fråga (Marton & Booth, 1997).

Efter att vi samtalat om ett specifikt frågeområde kopplat till ett eller flera av lärandeobjektets attribut, tittade jag och eleven tillsammans på det avsnitt av videofilmen som visade vårt samtal om motsvarande område från den inledande intervjun. På detta sätt pendlade intervjun, frågeområde för frågeområde, mellan ett samtal om hur eleven såg på denna del av lärandeobjektet nu och ett samtal om hur eleven sett på samma sak förra gången. Min förhoppning med att arrangera denna stimulated recall situation för eleverna var bland annat att de med hjälp av denna skulle kunna beskriva vad i undervisningen som

åstadkommit deras nya sätt att se på "Ärtan", det vill säga en beskrivning av situationer då deras lärande ägt rum.

Förhoppningen att eleverna skulle kunna beskriva situationer eller upplevda variationsmönster då lärandet ägde rum infriades dock knappast alls, med undantag av enstaka experiment som synliggjort enkla orsakssamband för eleven. På grund av mina egna mycket trevande försök under stimulated recall delen av intervjun och den skiftande karaktären hos denna del av datamaterialet har jag för denna studies del begränsat mig till att ur denna del främst tillvarata de data som kunnat öka min förståelse för hur eleven erfarit lärandeobjektet. Exempelvis kunde eleverna i några fall berätta att de just under intervjun inte kommit ihåg något som de trots allt kände till.

Hela denna avslutande intervju transkriberades ordagrant. Lärarna fick tillgång till samtliga transkript för de elevintervjuer som berörde eleverna på den egna skolan.

Utöver ovan nämnda datamaterial hade jag också ca hundra sidor annat material som lärarna gett mig tillgång till. Detta material utgjordes av läromedelstexter och uppgifter som eleverna på de bägge skolorna arbetat med, samt skriftliga tester som lärarna på Fjärdskolan låtit sina elever genomföra.

*Tabell 2. Sammanställning av skriftligt dataunderlag*

<b>Datainsamlingsmetod</b>	<b>Transkript (sidor)</b>
Elevintervju 1	70
Observationer	15
Videofilm	175
Lärarytelse	110
Elevintervju 2	110
Övrigt material	100

## **Analys**

När det efterföljande analysarbetet startade hösten 2004 hade jag alltså närmare femhundra sidor transkript och ytterligare ett hundratal sidor annat skriftligt material. Analysen startade på en individuell nivå då de enskilda elevernas lärande speglades mot den undervisning jag

visste de varit med om. Denna inledande analys följdes av en analys på en kollektiv nivå där olika sätt att förstå relaterades till undervisningens möjligheter att åstadkomma detta. Under denna fas försökte jag också finna svaren på helt nya frågor som analysen på den individuella nivån gett upphov till. Hammersley & Atkinson (1995) påpekar att i den typ av forskning som detta handlar om är utvecklandet av forskningsfrågorna knappast avslutade när fältarbetet startar. Insamlandet av data och analysen av dessa ledde också för min del till att nya frågor växte fram. Analysarbetet avslutades i februari 2005 då resultatkapitlet stod klart.

### **Analys på individnivå**

#### *Elevernas lärande*

Även i analysarbetet togs lärandeobjektet som utgångspunkt. För att göra datamaterialet mer hanterligt delades frågeområdena i tre teman; "Fröet", som berörde frågor om vad ett frö var och vad som fanns inuti, "Blomman" som handlade om hur frön bildas, det vill säga fortplantningsprocesserna, och "Groning och tillväxt" som främst handlade om de biokemiska processerna fotosyntes och cellandning. Jag gick nu igenom elev efter elev med avseende på hur deras förståelse av dessa tre teman förändrats. Här sammanställdes innehållet i det eleverna talade om angående dessa frågor vid den avslutande intervjun jämfört vad de talat om angående samma innehåll vid den inledande. Utsagor från stimulated recall situationen hade här en kompletterande funktion i de fall då dessa kunde vara till hjälp att förstå innebörden i elevernas utsagor och varför de svarat på ett visst sätt i den rådande situationen.

#### *Sambandet elevens lärande—lärarens undervisning*

Därefter sammanställdes de motsvarande data som fanns för hur respektive lärare behandlat motsvarande innehåll i sin undervisning. Vad hade till exempel Anna lärt sig om det som händer då ett frö gror, och hur hade ANNIKA behandlat fröets groning i sin undervisning? Här användes olika typer av data, det jag via observationer och den videofilmade lektionen själv iakttagit och tolkat, samt det som ANNIKA själv berättat att hon gjort och de motiv och förklaringar hon gett. Detta första steg ledde fram till en samlad bild av hur Annas, Axels och Anders förståelse av olika delar av fröväxters livscykel utvecklats. Jag fick också en bild av ANNIKAS undervisning om motsvarande delar av lärandeobjektet, liksom av hur ANNIKA själv såg på sin egen undervisning. Variationsmönster som konstituerats i

ANNIKAS undervisning noterades särskilt liksom när hon själv visat medvetenhet om dessa. Begreppet attribut hade jag på detta stadium ännu inte börjat använda. På samma sätt sammanställdes en bild av alla de övriga elevernas lärande och deras lärares undervisning.

### *Gemensamma drag i sambandet lärande—undervisning*

I nästa steg av analysen sammanställdes vad en viss lärares elever hade gemensamt, vad som skiljde dem åt och hur detta kunde, eller inte kunde, relateras till just denne lärares undervisning. Detta var möjligt som en följd av att de sex lärarna undervisat om ett gemensamt lärandeobjekt, variationen var möjlig att urskilja tack vare denna invarians.. Jag närmade mig nu en analys på kollektiv nivå då jag efter detta steg hade en bild av hur A, B, C, D, E och F-elever och deras lärare skilde sig åt sinsemellan men också exempel på vad de alla verkade ha gemensamt. Det stod allt klarare att de sex lärarna erbjöd sina elever olika rum för lärande och att det fanns karaktäristiska skillnader rummen emellan. Detta innebar dock inte att alla ANNIKAS elever hade förstått allt på samma sätt eller på ett sätt som direkt kunde relateras till ANNIKAS undervisning. Det fanns elever som förstått delar av fröväxters livscykel på ett helt annat sätt än sina klasskamrater och på ett annat sätt än deras lärare avsett. Analysen på den individuella nivån var till hjälp för att identifiera vilka olika sätt att relatera till lärandeobjektet som förekom i datamaterialet och ordna dessa i preliminära kategorier definierade efter preliminära kritiska aspekter.

### *Analytiska problem och nya frågor*

Det var i detta skede som jag började få problem i min analys och nya frågor av mer teoretisk natur väcktes: Vad är ”ett sätt att förstå” något? Vad innebär egentligen begreppet ”kritisk aspekt” och vad utmärker en sådan? Kritiska aspekter är alltid relativa till ett specifikt lärandeobjekt (Marton & Morris, 2002), men vilka var egentligen de kritiska aspekter som fanns i mitt datamaterial? Jag hade vid det här laget upptäckt variationen i sätten att förstå fröväxters livscykel och preliminärt försökt ordna denna i en form av beskrivningskategorier, men var dessa kategorier verkligen definierade av specifika kritiska aspekter? Det största dilemmat var relationerna mellan aspekterna, det var inte bara närvaron eller frånvaron av en viss aspekt som utgjorde skillnaderna utan även närvaron eller frånvaron av *samband* mellan dem då dessa samband verkade förändra innebörden i det som på detta stadium ännu kallades kritiska aspekter.

Det som kanske mest fängade mitt intresse i detta skede av analysen var upptäckten av att även om lärarnas undervisning och elevernas förståelse av lärandeobjektet varierade, så fanns det delar av lärandeobjektet som alla elever verkade förstå på ett mer *likartat* sätt än andra delar. Detta var svårare att relatera till möjligheterna som undervisningen erbjudit, eller inte erbjudit och svarar mot variations-teorins grundantaganden, för mig som forskare var det svårt att urskilja just det som inte varierade mellan eleverna eller mellan lärarna. Detta faktum att det fanns sådant som alla elever verkade ha lärt sig att se på till synes samma sätt blev därför en del av nästa fas i analysen av datamaterialet.

### **Analys på kollektiv nivå**

#### *Attributbegreppet införs*

Preliminära kategorier av olika sätt att förstå växters livscykel växte alltså fram ur analysen på den individuella nivån. Det jag nu sökte efter var kvalitativt skilda sätt att erfara lärandeobjektet oberoende om skillnaden existerade *inom* eller *mellan* individer (Marton, 1995). Jag ville också försöka finna en förklaring till varför viss kunskap verkade vara gemensam för alla elever. Fanns förklaringen i skillnader mellan dessa aspekters karaktär? Hur kunde skillnader i innehållsliga aspekters karaktär i så fall beskrivas?

De nya frågor som ställdes ledde fram till ett nytt analyssteg. Ett behov uppstod av att kunna precisera vad som egentligen utgjorde lärandeobjektets kritiska aspekter och att beskriva dessa aspekters karaktär. En förutsättning för att kunna göra detta var att beskriva det komplexa lärandeobjektet fröväxters livscykel på ett mer detaljerat sätt. Därför infördes begreppet ”attribut” för de innehållsliga komponenter av lärandeobjektet som visat sig i datamaterialet. Attributen identifierades och listades. Jag ställde mig sedan frågor kring de identifierade attributens karaktär: Vilka variationsmönster hade konstituerats för attributet? Hur beroende var attributet av andra attribut för att få en viss innebörd? Fanns det hierarkiska relationer mellan attributen? Hur centralt var attributet för lärandeobjektet, kunde ett attribut vara mer eller mindre betydelsefullt för ett visst sätt att se på något? Var attributet av generell naturvetenskaplig karaktär, eller specifikt för just detta lärandeobjekt? Hade attributet en konkret fysisk referens eller var det av mer abstrakt natur? Förekom attributet frekvent hos alla lärare och elever, eller var det vanligare hos vissa?

Svaren på dessa och liknande frågor gjorde det möjligt att göra en sammanställning av attributen och deras karaktär under två (i stället för som tidigare tre) tematiska rubriker: ”Fröet bildas i en blomma” och ”Fröet och plantan växer”. Metaforer av olika slag som använts av lärarna fångade nu också i hög grad mitt intresse och blev en viktig del av karaktäriseringen av attributen. Identifieringen och karaktäriseringen av lärandeobjektets attribut medförde att lärandeobjektet av mig som forskare nu erfors på ett nytt sätt, detta som en följd av att relationerna och variationen attributen emellan framträdde tydligare. Denna variation blev i sin tur betydelsefull för mina möjligheter att upptäcka varför vissa sätt att förstå fröväxters livscykel var gemensamma medan andra varierade inom elevgruppen.

### *Olika sätt att förstå lärandeobjektet sett i relation till olika sätt att undervisa*

Nu hade jag alltså ett redskap med vars hjälp jag bättre kunde beskriva det jag ville beskriva; olika sätt att förstå fröväxters livscykel och hur dessa kunde relateras till de i undervisningen givna möjligheterna. Jag återvände nu på nytt till mitt datamaterial, denna gång med nya ögon. Det var nu möjligt att med hjälp av attributbegreppet beskriva de olika rum för lärande som konstituerats. De attribut lärarna lyft fram, eller inte lyft fram, i sin undervisning kunde preciseras, liksom hur variationsmönster skapats för dem, och framförallt hur detta åstadkommit relationer mellan olika attribut som förändrade attributens innebörd för eleverna. Attributbegreppet blev till hjälp för att se de relationer och den variation som var särskilt kritisk för ett visst sätt att förstå lärandeobjektet. Attributens karaktär kunde också ge en förklaring till varför vissa sätt att se på lärandeobjektet fått karaktären av ett gemensamt vetande.

### *Urval av attribut och intressant variation*

Även om samtliga attribut som förekommer i datamaterialet identifierades inledningsvis, gjordes slutligen ett urval av de attribut som hade störst betydelse för den variation jag fann allra intressantast. Denna variation belyste skillnaderna i sätten att förstå ett par generellt betydelsefulla biologiska sammanhang; den sexuella reproduktionen och den ekologiska förståelsen. Urvalet innebar att jag begränsade min analys till vissa delar av lärandeobjektet fröväxters livscykel. På detta sätt närmade jag mig nu de slutliga kategorierna i resultatredovisningen och kritiska aspekter för olika sätt att se på hur ”fröet

bildas i en blomma” och hur ”fröet och plantan växer” kunde definieras med hjälp av den innebörd de ingående attributen fått.

Från de femhundra transkriptsidorna har i resultatredovisningens empiriska exempel endast en bråkdel återgetts och ett urval av exempel gjorts som jag ansett gett de bästa illustrationerna av varje kategori. Detta innebär att det finns fler exempel som är lika belysande, men även exempel där elever av olika anledningar inte utvecklat sin förståelse trots erbjudna möjligheter. Urvalet av empiriska exempel har främst gjorts i syfte att visa på exempel där undervisningens möjligheter tagit sig tydliga uttryck i elevernas lärande och exempel där det motsatta gäller är därför mer fåtaliga även om sådana också förekommer. I resultatbeskrivningen redovisas inte de individuella elevernas sätt att förstå lärandeobjektet utan olika sätt att förstå det på en kollektiv nivå. Därför finns inte heller alla enskilda elever med i de empiriska exempel som redovisas och vissa elever förekommer mer frekvent än andra. Detta beror inte på att dessa elever som individer betraktats som särskilt intressanta utan på att de bidragit med goda enskilda exempel. Detta har medfört att vissa av de intervjuade eleverna knappast återfinns alls i utdragen.

## **Etiska hänsyn**

Jag har inför denna studie tagit del av de regler och riktlinjer som finns för humanistisk och samhällsvetenskaplig forskning och som finns angivna i Vetenskapsrådet (1990) samt i CODEX riktlinjerna från Umeå universitet (2003).

Anonymitetsskyddet är kanske det viktigaste och självklaraste av de etiska hänsyn som måste tas i en studie som denna. Jag har därför gjort allt vad jag kunnat för att bevara lärarnas och elevernas anonymitet. Många människor har dock varit inblandade, direkt och indirekt och fullständig anonymitet tror jag därför inte är möjlig att uppnå. Videofilmningen kändes krävande för ett par av lärarna. En överenskommelse gjordes därför som innebar att dessa videofilmer inte skulle visas för någon annan än oss direkt inblandade. Videofilmning av elever under 18 år får inte förekomma i Sverige utan skriftligt tillstånd från målsman. Information om forskningsprojektets syfte och genomförande gick därför ut till alla elevers hem och skriftligt tillstånd från målsmännen erhöles för samtliga elever utom en som då inte heller filmades.

I denna studie har jag och lärarna varit beroende av ett ömsesidigt hänsynstagande. Lärarna har förstått att jag varit beroende av dem för att erhålla mina data och för att åstadkomma ett bra resultat och de har på alla sätt försökt tillmötesgå mig. Jag har för min del förstått att jag kommit som en ganska krävande gäst till deras skola även om jag alltid försökt bidra positivt på olika sätt. För en lärare är det inte helt enkelt att släppa en kritiskt granskande forskare så nära in på sig för att så detaljerat som jag gjort nagelfara undervisningen. Jag är väl medveten om att detta kan innebära ett ifrågasättande av lärarens professionalitet och yrkesroll, även om fröväxters livscykel är ett jämförelsevis okontroversiellt undervisningsinnehåll att granska. Den kritiska granskningen kan inte undvikas, detta skulle göra hela arbetet meningslöst. Min strävan har dock varit att denna granskning ska ge mer positiva än negativa konsekvenser för den individuella läraren i form av personlig kompetensutveckling. Detta är också något alla sex lärarna gett uttryck för vid många tillfällen. De anser att vårt samarbete varit givande, värdefullt och lärorikt.

Öppenhet och tydlighet är viktiga ingredienser i denna form av samarbete mellan forskare och lärare. Jag har försökt att på olika sätt, och under hela arbetets förlopp, göra alla delar av mitt arbete så synligt som möjligt för lärarna så att de skulle få möjlighet att reagera om de känt behov av att göra det. Vid några tillfällen har det också hänt att en lärare tagit kontakt med mig för ett mer personligt samtal, till exempel för att förtydliga något denne gjort eller sagt, eller för att ställa en fråga. Alla sex lärarna är erfarna och duktiga. De är också medvetna och verbala. Detta tillsammans med vårt långvariga samarbete har gjort att jag inte varit orolig för att de på något sätt känt sig i underläge i förhållande till mig, däremot har vi haft olika roller och olika ansvarsområden i detta forskningsprojekt.



## 5 Resultat

### Inledning

Jämförelsen av förståelsen före och efter undervisning kännetecknas av ett som helhet gott resultat av arbetet med arbetsområdet ”Ärtan”. Eleverna har överlag lärt sig mycket och de som formulerat kursplanemålet i biologi för skolår 5 om livscyklar tror jag skulle anse det vara väl uppfyllt när det gäller fröväxter. Variationen i förståelse efter undervisning beskrivs av de skillnader som finns i elevernas sätt att förstå några av innehållets tydligast framträdande kritiska aspekter. Jag gör inga anspråk på att ge en fullständig bild av den variation som förekommer. Inte heller finns alla i undervisningen behandlade attribut med i resultatredovisningen. Jag har här valt att beskriva den variation jag funnit intressantast och som jag anser vara mest betydande för utvecklingen av elevernas insikter om ett par viktiga biologiska sammanhang; den sexuella reproduktionen och den ekologiska förståelsen. Forskningsfrågan om hur lärandeobjektet på olika sätt kan erfaras är med andra ord besvarad med denna begränsning.

### Resultatredovisningens disposition

Resultatredovisningen inleds under rubriken ”Lärarnas undervisning”. Här ges en sammanfattande och övergripande bild av hur den undervisning jag iakttagit under observationerna och videofilmningen organiserats. Därefter följer en beskrivning av de egenskaper som använts för att karaktärisera lärandeobjektets attribut. Attributen har varit särskiljda på ett sätt som gjort det möjligt att därefter dela upp resultatredovisningen under två tematiska rubriker: ”Tema A: Fröet bildas i en blomma” respektive ”Tema B: Fröet och plantan växer”. Under respektive rubrik kommer först en kort beskrivning av vad temat handlar om och en figur över de kategorier som formar temats hierarkiska utfallsrum. Sedan följer en kort redogörelse av elevernas förståelse av temat *före* undervisning. Denna följs sedan av en beskrivning av de kunskaper inom temat som visat sig vara gemensamma för samtliga elever. Därefter följer ett antal beskrivningskategorier som visar variationen i sätten att förstå temat efter undervisning. Variationen ska då betraktas mot bakgrund av de gemensamma kunskaperna.

För varje kategori redovisas inledningsvis kategorins attribut. Den innebörd som attributen fått utgör de kritiska aspekter som definierar kategorin. Därefter följer ett urval empiriska exempel som illustrerar kategorin. Empiriska exempel på för eleverna gemensamma kunskaper återfinns inom alla kategorier. Varje kategori sammanfattas slutligen tillsammans med ett försök att förklara detta sätt att förstå lärandeobjektet i relation till undervisningen. I sammanfattningen kan det erfarna lärandeobjektet jämföras med det lärandeobjekt som iscensatts. Varje tema avslutas med en sammanfattande diskussion. Resultatredovisningen som helhet avslutas med en jämförande diskussion av tema A och tema B.

## **Lärarnas undervisning**

### **ANNIKA**

#### *Den observerade lektionen*

ANNIKA började lektionen med att samla sina elever framför tavlan. Hon inledde med att repetera och återkoppla till det som eleverna arbetat med under tidigare lektioner. Detta innebar att hon ritade illustrationer på tavlan, ställde frågor till eleverna och fick svar från dem. Bilderna och samtalet behandlade blommans delar, pollinering och befruktning samt fröets delar och delarnas uppgift i fröets liv. Därefter ställde hon frågan ”Vad behöver ett frö för att gro?”. Eleverna fick sedan en instruktion att genom ett antal odlingsförsök ta reda på svaret. Gruppvis ställde eleverna i ordning odlingsförsöken där frön fick gro under olika odlingsvillkor, mörkt, ljus, varmt, kallt, torrt och fuktigt. Eleverna fick också starta en odling av en potatis och en morot och ANNIKA gick runt till grupperna och hjälpte dem med försöksodlingarna och diskuterade olika hypoteser med eleverna. Hon såg också till att de dokumenterade sitt arbete skriftligt.

#### *Den videofilmade lektionen*

Under de första fyrtio minuterna av den videofilmade lektionen samlade ANNIKA åter klassen framför tavlan. På samma sätt som vid den lektion jag tidigare observerat repeterade och återkopplade hon till det de arbetat med tidigare. Denna gång repeterades hela arbetsområdet och alla de innehållsliga frågor som rörde fröet och växtens livscykel. Det sätt detta utförs på är det samma som beskrivits ovan, ANNIKA ritade en bild, ställde en fråga, fick ett svar, skrev något eller ritade mer bilder. I dialog med eleverna växte en sammanfattning

fram på tavlan om allt som händer från det att fröet gror tills dessa att det blivit en vuxen planta som på nytt förökar sig. ANNIKA behandlade ingående många begrepp, blommans delar, pollinering, befruktning, fröets byggnad, fröets groning, fotosyntesen och celandningen. Hon gjorde återkopplingar till elevernas erfarenheter från exempelvis odlingsförsöken. ANNIKA talade också med sina elever om varför de ska lära sig detta i skolan och relaterade genom detta till växternas betydelse för människors liv.

Den videofilmade lektionen avslutades med att ANNIKA tog med sig sex elever, bland andra Anna, Anders och Axel, till ett angränsande rum för ett samtal i mindre grupp. Hon motiverade detta med att de elever som är tystlåtna i helklass också skulle få en chans att prata. Övriga elever skulle få denna möjlighet vid ett senare tillfälle. Med dessa sex elever samtalade nu ANNIKA återigen om hela växtens livscykel. Hon hade med sig en serie bilder med illustrationer av växters liv som hon visade eleverna och ställde frågor kring. Detta samtal varade i ungefär tjugo minuter.

## **BIRGIT**

### *Den observerade lektionen*

BIRGIT inledde med att be eleverna ta fram de mappar där de samlat sin dokumentation från arbetsområdet. Sedan beskrev hon de odlingsförsök som eleverna skulle få starta. Dessa utgjordes av samma försök som ANNIKAS elever utförde ovan, men också av ett försök där fuktade ärtor stängdes in i en tät burk, och ett försök där de täcktes av gips. Eleverna ställde i ordning odlingsförsöken och BIRGIT poängterade att de nu skriftligt skulle formulera hypoteser om det de trodde skulle hända och att svaret kommer att visa sig inom några dagar. BIRGIT berättade för mig att de under tidigare lektioner tittat på blommans delar och talat om pollinering och befruktning.

### *Den videofilmade lektionen*

BIRGIT hade ställt i ordning ett antal stationer med uppgifter som eleverna gruppvis skulle få arbeta med. Varje station innehöll ett par frågor och en konkret illustration av något slag som exempelvis en levande växt, ett fat med frön eller liknande. Tanken var att stationerna skulle täcka in hela växtens livscykel. Eleverna skulle svara skriftligt på frågorna och BIRGIT uppmanade dem att skriva fullständiga meningar och att använda sin tidigare dokumentation från arbetsområdet till hjälp. Eleverna arbetade med uppgifterna, flyttade

sig till station efter station och BIRGIT rörde sig runt bland dem, besvarade frågor och ställde nya. De samtal som BIRGIT förde med sina elever när de arbetade med nedanstående uppgifter blev därför innehållsligt rikare och mer omfattande än vad uppgifternas ibland enkla formuleringar tyder på.

De stationer som eleverna arbetade med innehöll följande frågor:

1. Vad behöver växterna för att göra sitt eget socker? Beskriv ett kretslopp som innehåller koldioxid.
2. Vad har hänt i flaskan med de instängda, fuktade ärtorna?
3. På vilka olika sätt kan blommor locka till sig insekter? På vilka sätt kan pollenkornen spridas?
4. Vilka tre saker behövs för att ett frö ska gro? Varför har fröet i vattenglasets inte grott?
5. Vad innehåller ett frö? Varför kan man säga att ett frö lever?
6. Skriv namnet på blommans delar. Berätta vad som händer med pollenslangen.
7. Försök identifiera så många fröer på fröfatet som möjligt.

Ingen återsamling eller genomgång skedde efter det gruppvisa arbetet. BIRGIT påtalade att detta skulle ske vid ett uppföljande lektions-tillfälle.

## **CAJSA**

### *Den första observerade lektionen*

Eleverna arbetade enskilt med en läromedelstext om växters liv med tillhörande frågor som skulle besvaras skriftligt. CAJSA gick sedan översiktligt igenom växtens livscykel på tavlan; pollineringen, pollenslangens utveckling, fröet som bildas i fröämnet, fröet som groor och växer upp till en ny planta som på nytt kan pollineras.

### *Den andra observerade lektionen*

Eleverna startade gruppvis samma odlingsförsök som beskrivits ovan där frön fick gro under olika villkor. CAJSA berättade att de tidigare undersökt olika levande blommor och tittat på de olika delarna i blomman. Denna lektion avslutades med att CAJSA berättade om historiken kring kunskapen om fotosyntesen och om flamländaren van Helmonts berömda 1600-tals experiment där han funderade över hur en växt i en kruka kunde bli så stor och tung utan att vikten på jorden i krukans minskade och att detta berodde på att man på den tiden inte

hade kunskap om gaser eller att viktökningen till stor del berodde på upptaget av koldioxid från luften.

#### *Den videofilmade lektionen*

CAJSAS elever arbetade gruppvis och på samma sätt, med de stationsuppgifter som BIRGITS elever arbetat med ovan. Även CAJSA gick runt bland eleverna och hjälpte dem på olika sätt. Lektionen avslutades med en genomgång på några minuter då eleverna muntligt fick ge kortfattade svar på stationernas frågor.

### **DORIS**

#### *Den observerade lektionen*

DORIS inledde med att samla barnen i en soffgrupp i klassrummet. Hon berättade då vad dagens arbete skulle handla om. Ettorna, som tidigare fått rita bilder av blommans delar och lära sig namnen, skulle nu få lära sig om pollinering och befruktning. Tvåorna och treorna som redan tidigare arbetat med detta skulle få hjälpa ettorna. DORIS motiverade detta arbetssätt med att det är lärorikt att försöka lära någon annan vad man kan. Barnen arbetade sedan tre och tre, ritade och berättade utan hjälpmedel för varandra om blommornas förökningsprocesser samtidigt som de skrev korta texter till bilderna. Lektionen avslutades med en återsamling i soffgruppen där grupperna var och en fick visa och berätta om sin bild.

#### *Den videofilmade lektionen*

DORIS berättade inledningsvis för barnen att de skulle arbeta två och två och att de på ett stort vitt A3 papper skulle rita och skriva om en ärtas liv från frö till vuxen planta som får nya frön. Hon visade att de skulle utforma sin bild som en cirkel där ärtans olika stadier ritas in och beskrevs med en kort text. Texterna skulle handla om blommans delar, pollinering, befruktning, fröets delar, groning och växtens fotosyntes. Barnen jobbade sedan med detta och DORIS gick runt och hjälpte dem. Barnen bad mycket om hjälp och DORIS hade fullt upp att hinna med alla frågor. Vid en samling i soffan avslutades även denna lektion med att barnen fick visa sina bilder och berätta om dem.

### **EVA**

#### *Den observerade lektionen*

EVA samlade först alla eleverna i en ring framför sig på golvet. I samtalsform gjorde hon en repetition av blommans delar och vad

pollinering respektive befruktning innebar. Därefter startade barnen gruppvis samma odlingsförsök som beskrivits ovan och de uppmanades att ställa skriftliga hypoteser om vad de trodde skulle hända. Lektionen avslutades med att eleverna fortsatte ett arbete med skriftliga uppgifter om blommors förökning. EVA berättade att de tidigare undersökt olika blommor, även vilda sådana, och att de jämfört dessa med både nakenfröiga växter och spörväxter. På väggen fanns detaljerade bilder av pollinering och befruktning som barnen ritat.

#### *Den videofilmade lektionen*

EVA samlade återigen eleverna i en ring på golvet. Framför sig hade hon grodda ärtor i lite olika utvecklingsstadier. Hon höll upp de olika exemplen och talade med barnen om vad som hade hänt, och vad som skulle komma att hända, med ärtan. Barnen fick sedan gruppvis rita och berätta om ärtans livscykel på samma sätt som DORIS elever fick göra ovan. EVA gick runt och hjälpte eleverna med uppgiften. Lektionen avslutades med en återsamling i ringen på golvet. Då gick livscykeln igenom åter ett varv och EVA gjorde återkopplingar till det som barnen pratat om under sitt grupparbete.

### **FRIDA**

#### *Den observerade lektionen*

Även FRIDAS elever fick starta de olika odlingsförsök som beskrivits ovan. Eleverna fick sedan arbeta vidare med bilder på blommors förökning där pollinering och befruktning illustrerades med detaljerade tredimensionella bilder gjorda av papper och flörtkulor. FRIDA berättade att de vid tidigare lektioner tittat på levande blommor, att de sett film om celler och cellers liv, och att de nu skulle börja repetera fotosyntesen och celloandningen.

#### *Den videofilmade lektionen*

Under den videofilmade lektionen arbetade FRIDAS elever gruppvis med en uppgift som FRIDA ställt i ordning. FRIDA hade gett varje grupp ett antal lappar med följande ord: *vatten, frö, befruktning, pollinering, groningen, syre, koldioxid, frukt, glukos nedbrytes, fotosyntes, bygger glukos, solenergi, evolution, blomning, celloandning* respektive *energi*. Uppgiften gick ut på att eleverna skulle använda dessa ord för att diskutera sig fram till en sammanfattande text om växtens liv. FRIDA gick runt bland grupperna och hjälpte dem. Eleverna ställde många frågor. Lektionen avslutades med att FRIDA

samlade hela klassen och gick igenom alla orden på lapparna och hur de hängde samman med varandra.

## **Karaktärer hos attributen**

Införandet av attributbegreppet har inneburit att forskningsfrågan rörande de kritiska aspekternas karaktär, besvarats med en karaktärisering av attributen och den betydelse attributens karaktär haft för hur lärandeobjektet erfarits i termer av kritiska aspekter. Under identifieringen av de i undervisningen och i utsagorna förekommande innehållsliga komponenterna, de komponenter av lärandeobjektet som jag alltså valt att kalla attribut, har jag funnit att dessa kan karaktäriseras av att vara för lärandeobjektet antingen *specifika* eller *generella*. De specifika attributen har en sådan karaktär att de är kopplade till just detta lärandeobjekt, det vill säga fröväxters livscykel. De generella attributen karaktäriseras av att de kan kopplas till många andra naturvetenskapliga lärandeobjekt, inom såväl biologi, kemi som fysik. De specifika attributen skulle också kunna betecknas som svaren på de under planeringsfasen formulerade frågorna som använts för att definiera lärandeobjektet; det vill säga svaren på frågor om vad ett frö innehåller, hur ett frö bildas, vad som finns inuti ett frö och vad som händer då ett frö gror och en planta växer upp och blir reproduktiv.

De flesta av de specifika attributen har jag funnit vara mer eller mindre *beroende* av de generella attributen för att få en särskild innebörd och mening medan ett fåtal kan betraktas som *oberoende*. Attributen kan också ha en mer eller mindre *central betydelse* för ett visst sätt att förstå lärandeobjektet. Ett centralt attribut är då ett attribut som i högre grad än andra påverkar innebörden hos övriga attribut och därmed de kritiska aspekter som definierar en viss kategori.

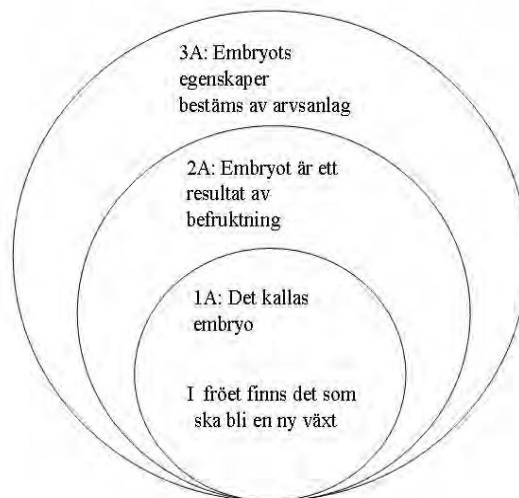
Såväl de specifika som de generella attributen kan ha en *fysisk referens*. Med fysisk referens avser jag ett *iakttagbart objekt* eller *skeende*, t ex en blommas ståndare och pistiller, olika sorters frön eller en brinnande låga. Den fysiska referensen behöver inte vara direkt fysiskt närvarande i undervisningen men utgör ett så välbekant objekt eller fenomen att en bild av den är lätt att föreställa sig. Andra attribut saknar däremot fysisk referens, som till exempel fröets celledning.

I många fall har en indirekt fysisk referens åstadkommit genom att relatera till exempel hämtade från de generella attributen, ofta med hjälp av *metaforer*. Metaforer av många olika slag har använts för att ge innebörd åt attributen. Metaforer har till exempel erbjudit möjligheter att ge fysisk referens till annars osynliga och abstrakta processer. De olika metaforer som förekommit i undervisningen har uppmärksammats för den innebörd attributen genom dessa fått för eleverna.

## Tema A ”Fröet bildas i en blomma”

Inom detta tema berörs frågor som handlar om hur ett frö blir till, men temat berör också förståelsen för sexuell reproduktion i generell mening och den sexuella reproduktionens biologiska betydelse. I figur 2 sammanfattas den variation som identifierats inom temat. Variationen är kopplad till innebörden av begreppet embryo. Den gemensamma innebörden av begreppet embryo är att detta är något som ska bli en ny växt. Innebörden hos detta attribut kan mot den bakgrunden utvecklas till förståelse för embryots ursprung i den sexuella reproduktionen och till insikter om den genetiska betydelsen av detta.

Figur 2. Variationen inom Tema A





## Elevernas förståelse av hur ”Fröet bildas i en blomma” före undervisning

Disa kunde vid den inledande intervjun, trots att vi återkom till frågan vid flera tillfällen, inte berätta något om hur frön blir till. Hennes uppfattning kan närmast beskrivas som att ”*det bara blir så*”. Vid den avslutande intervjun som genomfördes efter undervisning fick Disa se sig själv på videofilmen och uppleva de problem hon hade att svara på mina frågor. Då kommenterar hon detta:

Disa: Vi har jobbat med det här förut...men jag kom inte ihåg vad delarna heter men jag har vetat att det kommer så hära ett bi å sen...ja det där...men inte nå mycket om delarna å hur det ser ut.

Disa var inte ensam om att reagera på detta sätt just när gällde pollinering. För mig ter det sig som om många av eleverna hört detta om insekters betydelse för blommors fortplantning tidigare, men inte kommit att tänka på detta, något som givetvis kan bero på mitt sätt att ställa frågorna. Stimulated recall metoden blev därför värdefull. Det visade sig nämligen att många elever när de såg och hörde sig själva på den videofilmade inledande intervjun, talade om för mig att de hade känt till sambandet mellan blommor och bin men att de inte kommit att tänka på det just då när jag intervjuade dem. Sex av eleverna hävdade dock även i stimulated recall situationen att de aldrig tidigare hört talas om sambandet mellan blommor, pollinering och insekter innan de fått undervisning om detta. Detta är naturligtvis möjligt, men jag finner det mer troligt att de faktiskt inte kom ihåg detta vid just denna tidpunkt.

Några elever talade dock redan vid den inledande intervjun om insekter och pollinering. Så här sade t ex Camilla:

I: Har du nån aning om varifrån dom här fröna kommer?

Camilla: Från växterna, från solrosor å...

I: Är det nån särskild del av växten där fröna bildas?

Camilla: Först blir det...bubum å sen kommer blomman

I: Kan du förklara lite mer hur du menar?

Camilla: Om det är en blomma så är det en liten bula i mitten på blomman

I: Vad händer i den där bulan?

Camilla: Bina kommer...med en sån där mockajäng...pollen.

I: Bina?

Camilla: Honung

I: Vad är pollen för nåt?  
Camilla: Det är sånt folk blir allergisk för  
I: Ja, men vad är pollen egentligen?  
Camilla: Det vet jag inte  
I: Men bina kommer med pollen till blomman sa du...  
vad händer då?  
Camilla: Det blir honung kanske...nä det blir det nog inte...

Calle har bikupor hemma och vet vilken betydelse bina har för att familjens äppelträd ska pollineras. Vad pollineringen i detalj innebär visste han dock inte:

I: Men vad är det som händer med dom där pollenkornen...när dom kommer fram till blomman? Vad händer sen?  
Calle: Jaa...blomman pollineras...jag vet faktiskt inte....det börjar växa på nåt sätt  
I: Vet du vad som finns inuti ett pollen?  
Calle: Nä, jag vet inte...det är nåt som pollinerar växter

Några av eleverna försökte sig på att förklara hur frön bildas med ett resonemang som kan kopplas till fotosyntesen. Detta tror jag berodde på att de visste att just detta var en viktig process, och att det var något jag samarbetat med dem och deras lärare om tidigare.

Lärarna blev liksom jag förvånade över hur okänt detta med pollinering av blommor verkade vara för eleverna. Befruktningen berördes inte på något sätt av någon elev alls i den inledande intervjun. Kanske mer än något annat trädde därför just detta fram som ett innehåll av särskild vikt att arbeta med i undervisningen.

### **Gemensamma kunskaper efter undervisning**

Den avslutande intervjun visade att det fanns attribut hos detta tema som alla eleverna talade om och tycktes förstå på ett likartat sätt. Nedanstående attribut och relationerna mellan dem representerade alltså en form av kunskap som delades av alla elever efter undervisning och som kom att utgöra den bakgrund mot vilken jag sedan betraktade variationen i deras förståelse. De attribut hos temat "Fröet bildas i en blomma" som eleverna talade om på ett relativt andra attribut likartat sätt var följande:

- *En blomma har hanliga (ståndare) och honliga könsorgan (pistiller).*

- *Pollinering innebär att pollen överförs från ståndare till pistill.*
- *Pollen transporteras i en pollenslang till pistillens fröämne där fröet bildas.*
- *Ett frö innehåller ett embryo som är det som ska bli en ny växt.*

Samtliga elever kunde alltså efter undervisning berätta om hur frön blir till med hjälp av dessa för lärandeobjektet specifika attribut. Inuti fröet finns ett liv, efter undervisning oftast benämnt embryo. För att fröet ska bildas krävs en pollinering som kan gå till på olika sätt. Efter pollineringen växer en pollenslang ner till fröämnet där själva fröet bildas. Detta skildrar eleverna med hjälp av termer för blommans olika delar som till exempel ståndare, pistill, pollen och fröämne.

Hur kommer det sig att alla elever berättar om just dessa attribut på ett så likartat sätt? En orsak kan vara att detta har lärarna ägnat mycket tid åt. En annan orsak kan vara att just för dessa attribut kan variationsmönster konstitueras inom ramen för det specifika attributet, någon koppling till generella attribut har inte varit nödvändig. Attributen har också en lättillgänglig fysisk referens. Eleverna gavs exempel på olika former av pollinering med insekter, vind och vatten. Iakttagelser av levande blommor av olika arter gav eleverna möjlighet att se att blommans könsorgan (ståndarna och pistillerna) kunde se olika ut. De fick studera groende frön och se vad som hände dag för dag med roten, stjälken och hjärtbladen. Detta är också vad de läromedel som använts lägger tyngdpunkten vid. ”Embryo” som det som kunde ”bli en ny växt” blev sedan ett nytt ord för en innebörd av ett begrepp som eleverna hade sedan tidigare.

### **Variationen i sätt att förstå Tema A ”Fröet bildas i en blomma”**

Mot bakgrund av ovanstående kunskap identifierades ett antal olika sätt att förstå tema A som alla kan kopplas till innebörden i begreppet embryo. Detta fångade särskilt mitt intresse eftersom detta berörde förståelsen av sexuell reproduktion i generell mening. Innebörden av attributet om det liv som fanns inuti fröet och som kunde bli en ny växt, kunde alltså utvecklas vidare på varierande sätt hos eleverna. Detta innebär att attributet visade sig vara beroende av andra attribut för att det skulle få en ny innebörd.

### ***Kategori 1A: Oklarhet råder om embryots ursprung***

I denna kategori ryms utsagor som tyder på att innebörden i begreppet "embryo" inte utvecklats ytterligare efter undervisning, embryot är fortfarande bara det som ska bli en ny växt. Hur embryot kan kopplas till själva fortplantningsprocessen är oklart. Denna första kategori innebär därmed att förståelsen är begränsad till de gemensamma kunskaperna.

Den kritiska aspekten för denna kategori är förståelsen för att en överföring av pollen är nödvändigt för fröbildningen och att befruktning kan förstås som om det hos växter vore samma sak som pollinering. Växters befruktning förblir därför oklar. Detta får till följd att embryot i fröet inte heller ses som ett resultat av könscellers sammansmältning.

#### *Empiriska exempel för kategori 1A*

Jag lade märke till att CAJSA behandlade befruktningsbegreppet på ett inkonsekvent vis som medförde att möjligheterna för eleverna att urskilja att det var en *skillnad* på begreppet pollinering och begreppet befruktning begränsades. Det läromedel användes av CAJSA och hennes elever uppvisade samma begränsning vad gällde detta. Befruktningsbegreppet berördes inte alls i texten annat än genom en kort bildtext, medan däremot olika former av pollinering med insekter, vind och vatten skildrades ingående. Bland de frågor som CAJSAS elever arbetade med under den lektion jag observerade nämndes inte ordet befruktning. Jag påpekade detta för CAJSA och vid den filmade lektionen noterade jag att hon vid ett par tillfällen följde upp att enskilda elever som arbetade med uppgiften om fortplantningsprocesserna använde sig av orden spermie, äggcell och sammansmältning, det vill säga skildrade befruktningen i främnet. Däremot observerade jag inte att hon gjorde detta i den helklassituation där samtliga elever hade möjlighet att lyssna. Jag noterade inte heller att CAJSA gjorde någon anknytning till andra sexuellt reproducerande organismer.

CAJSAS elev Camilla kunde på ett bra sätt berätta för mig om blommans delar och hur pollineringen gick till. Men Camilla hade också vissa problem:

I: Vad är det som far genom pollenslangan?

Camilla: Mmm....spermier

I: Vart är dom på väg då?  
 Camilla: Vet inte!  
 I: Finns det nånting därnere som dom träffar på?  
 Camilla: Kanske det...  
 I: Det har du inte tänkt på?  
 Camilla: Näää  
 I: Har du hört ordet befruktning nån gång?  
 Camilla: Joo  
 I: Vad är det för nåt?  
 Camilla: En befruktning...jag kommer inte ihåg...  
 I: Men pollinering kommer du ihåg?  
 Camilla: Jo, då befruktar den när den kommer ner i...då befruktar biet blomman...  
 I: Ja, hur var det där, det jag är ute efter är om du vet vad det är för skillnad på pollinering och befruktning...?  
 Camilla: Det vet jag inte

Christian hade likartade bekymmer:

I: Vet du vad det är för skillnad på pollinering och befruktning?  
 Christian: Befruktning...det är ju när man...pollinering...om du menar blomman när den ...befruktad av biet, det tar ju nektar därifrån å samtidigt fastnar det pollen, det skulle jag kalla pollinering, befruktning,, det är väl när, ja...mm  
 I: Du är inte säker?  
 Christian: Nää, inte riktigt.

Min tolkning är att CAJSA, för åtminstone dessa två elever, inte betonat att det är en *skillnad* på dessa två begrepp, det vill säga tydliggjort relationen mellan pollinering och befruktning genom kontrastering. Läromedlet talade inte heller om befruktningen som ett särskilt fenomen utan bara om att spermier befruktade ägget i ordalag som kan leda till uppfattningen att detta är en del av pollineringen, ”*biet befruktar*” sade också både Camilla och Christian. Jag vill därför påstå att Camillas och Christians möjligheter att i undervisningen särskilja pollinering och befruktning varit begränsad. Detta kan jämföras med hur ANNIKA i det empiriska exemplet i följande kategori följde upp denna kritiska aspekt och hur hennes elev Anna därefter berättade om detta för mig.

CAJSAS undervisning om befruktningsbegreppet kan också belysa de skillnader jag lade märke till mellan Camillas och Christians sätt att tala om embryot jämfört med andra elevers. Camilla och jag samtalande på följande vis om vad ett embryo är för något:

- I: Embryot, vad är det för nånting?  
 Camilla: Det är växtens liv, den kan få liv eller nåt sånt  
 I: Det som finns i det där embryot, var har det kommit ifrån,  
 Vet du det?  
 Camilla: Nää  
 I: Det vet du inte?  
 Camilla: Nää

Christian hade liknande problem, han kunde inte heller förklara hur pollineringen hängde samman med embryot inuti fröet.

Kategori 1A sammanfattas i tabell 3. De kritiska aspekterna utgörs av den innebörd attributen fått i det erfarna lärandeobjektet och kan jämföras med exempel på variationsmönster som förekommit i undervisningens iscensatta lärandeobjekt.

*Tabell 3. Sammanfattning av kategori 1A.*

Attribut	Kritiska aspekter	Invariants / varians
Blommans könsorgan(s). Pollinering (s). Fröet bildas i fröämnet (s). I fröet finns ett embryo som ska bli en ny växt (s).	Pollinering innebär en överföring av pollen och detta ger upphov till fröet. Befruktningen och sambandet befruktning-embryo oklart.	Könsorgan / Ståndare, pistiller , olika arter. Pollinering / vind, vatten, insekter.

Blommans olika delar har blivit tydliga genom variationen och de fysiska referenserna som de levande exemplen erbjuder. Pollineringen, där de olika delarna är inblandade, har framträtt som begrepp genom de variationsmönster som formats genom olika former av pollinering. Någon möjlighet att urskilja befruktningen som sker nere i fröämnet och som ger upphov till embryot finns däremot inte. Samtliga attribut är specifika för lärandeobjektet.

***Kategori 2A: Befruktning är när ett ägg och en spermie samman-smälter nere i fröämnet. Resultatet av befruktningen blir ett embryo.***

I denna kategori ska två generella attribut tillföras attributen från föregående kategori. Dessa generella attribut har utvecklat förståelsen för vad ett embryo är och var det kommer ifrån. Ordet embryo har därmed fått en annan begreppslig innebörd. De tillkomna attributen är

generella i den meningen att de gäller alla sexuellt reproducerande organismer, både människor, djur och växter.

Tillkomna *generella* attribut:

- *En befruktning innebär att könsceller sammansmälter.*
- *Ett embryo är resultatet av befruktningen*

I denna kategori förekommer också ett intressant *specifikt* attribut som verkade påverka elevernas förståelse:

- *Ett frö innehåller en frövit som även den är ett resultat av befruktningen.*

Detta är ett attribut som relaterar till gömfröiga växters dubbla befruktning (den omfattar alltså inte de nakenfröiga barrväxterna). Den dubbla befruktningen innebär att varje pollenkorn innehåller *två* spermier. Den ena spermien befruktar en äggcell i fröämnet och detta ger upphov till embryot, den andra befruktar en så kallad centralkärna och detta ger upphov till frövitans (innehållsämnet av begreppet frövit behandlas i Tema B).

Kategori 2A skiljer sig från kategori 1A i den meningen att attributet om befruktningen har en central roll och att *skillnaden* mellan befruktning och pollinering därför blir tydlig. Detta i sin tur medverkar till förståelsen för att embryot är ett resultat av befruktningen. Nu innebär förståelsen insikter om både vad det som finns inuti ett frö ska utvecklas till, och var det kommer ifrån. Framhållandet av den dubbla befruktningen verkar när detta förekommit också ha tydliggjort relationerna mellan attributet om befruktningen och attributen om embryot.

De kritiska aspekterna för denna kategori är alltså urskiljandet av att av pollinering och befruktning inte är samma sak. Embryot i fröet, det som ska bli en ny växt, ses nu som ett resultat av könscellernas sammansmältning.

*Empiriska exempel för kategori 2A*

De empiriska exemplen för denna kategori är avsedda att illustrera två saker; dels hur eleverna erbjuds möjligheten att se skillnaden på

pollinering och befruktning, dels vad detta betyder för deras möjligheter att se på embryot som ett resultat av befruktningen.

ANNIKA har skildrat befruktningen som enkel, hon har alltså inte fört fram attributet om den dubbla befruktningen. Hennes elev Anna, som vid den inledande intervjun försökte beskriva fröets tillblivelse med hjälp av fotosyntesen sade så här efter undervisning:

I: Hur bildas ett frö? Det skulle jag vilja att du berättade för mej!

Anna: Om det är en blomma...å så kommer det en insekt, dom ska söka nektar i blomman å så fastnar pollenkorn från ståndarna på den där insekten eller nåt...å så far den där insekten till en annan blomma å då fastnar det pollenkorn på pistillen å från ett av dom där pollenkorna växer det ner en slang å där nere är det ett fröämne å där inne ligger en äggcell å så smälter hancellen ihop med äggcellen å då blir det en befruktning.

I: Bra Anna! Så vad skulle du säga är skillnaden på pollinering och befruktning?

Anna: Pollineringen är när dom för pollen...alla blommor behöver inte pollineras med hjälp av insekter dom kan ju bli pollinerade av vinden också, gräsen blir oftast det...pollinera är då pollen förs till en annan blomma å fastnar på pistillen å befruktningen är när dom smälts ihop...då blir det en ny blomma...på samma växt.

ANNIKAS elever Axel och Anders uttryckte sig på ett liknande sätt som Anna och de var båda lika säkra på skillnaden mellan pollinering och befruktning. ANNIKA förde ett samtal om detta med hela klassen:

ANNIKA: Om jag ska rita en blomma här, vad behöver jag rita för nåt?

Anna: En blomma

ANNIKA: Då ritar jag så här...(kronblad), å mer?

Anna: Pistill å ståndare

ANNIKA: Ok (ritar) ...vilket är hanorgan av dom här?

Anna: Ståndarna

ANNIKA: Ståndarna är förstås hanorganet och pistillen är honorganet. Ska jag rita nåt mer?

Hedvig: Jo, pollen.

ANNIKA: Mm...fast dom är ju pyttesmå, å så ritar jag en annan blomma här...är det alltid så att det behövs en blomma till?

Gunnar: Nä, det finns självbefruktning

ANNIKA: Mm, det finns nära som kan befrukta sej själva men för det mesta behövs en annan blomma. Ska jag rita en insekt nu, varför kommer insekten till blomman?



Ivar: För att hämta nektar  
 ANNIKA: Ja den kommer för att söka nektar å vad händer?  
 Jonna: Då fastnar pollen...  
 ANNIKA: Mm, den söker sin nektar å fastnar det pollen å så flyger den till nästa blomma, vad händer då?  
 Anna: Pollenkornet fastnar där för det är klabbigt  
 ANNIKA: Mm, det är klabbigt där, pollenkornet fastnar å vad händer nu? Eller får jag bryta där å fråga, vad kallas det där? När insekten för över pollen? Karin?  
 Karin: Pollinering  
 ANNIKA: Bra, är det bara insekter som pollinerar? Hur kan det annars gå till? Marie?  
 Marie: Med vinden  
 ANNIKA: Är det nån som kommer ihåg nära växter som pollineras med vinden? Axel?  
 Axel: Gräsen  
 ANNIKA: Mm. Då kom biet eller humlan hit (pekar på bilden på tavlan) å då sa du Anna att pollenkornet fastnade där. Vad händer sen då?  
 Anna: Det växer ut en slang...dit ner...  
 ANNIKA: Å vad finns härnere?  
 Anna: Fröämne  
 ANNIKA: Fröämne och...?  
 Anna: Ett ägg  
 ANNIKA: Då växer det ner en slang, vad händer då?  
 Anna: Då far den där hancellen  
 ANNIKA: Å vilken var hancellen?  
 Anna: Den i pollenkornet  
 ANNIKA: Å då blev det?  
 Anna: En befruktning

En stund senare talar ANNIKA med Anders i en grupsituation:

ANNIKA: Vad är blommorna till för?  
 Anders: Förökning  
 ANNIKA: Kan du berätta nånting om hur det går till?  
 Anders: Först så kommer det en insekt med pollen...å så ger den till en annan å så blir det befruktat.  
 ANNIKA: Å när det blir befruktat vad är det som händer då? Vad är det pollenkornet kommer ner till?  
 Anders: Ägget  
 ANNIKA: Mm...det ligger ett litet ägg därnere å dom smälter ihop å då blir det en befruktning för det är början till ett litet frö. Som en liten baby, det har vi pratat om, det är som sexualkunskap.

ANNIKA lyfte här genom kontrastering fram skillnaden mellan pollinering och befruktning vilket visar sig i de frågor och svar jag

strukit under ovan. Utdraget visar också hur hon skapar variationsmönster genom generalisering av ståndarna som hanorgan och pistillen som honorgan samt hur hon varierar befruktningsbegreppet genom att föra fram självbefruktning som alternativ.

ANNIKA är också medveten om detta, under stimulated recall intervjun sade hon:

ANNIKA: Vi har lagt vikt vid att skilja på pollinering och befruktning, det har vi pratat om flera gånger.

I: Tror du att dom kan koppla ihop resultatet av befruktningen med anlagen och embryot i fröet?

ANNIKA: Ja, det tror jag, vi har pratat om det å jämfört med människor.

ANNIKA jämförde också i sin undervisning blomväxter med spörväxter, dvs växter som *inte* har blommor. Hon motiverade detta under stimulated recall intervjun med att hon ville visa *blommornas* betydelse. Detta är ett exempel på hur ett variationsmönster uppstår genom separation när begreppet "växt" hölls invariant medan begreppen blomväxt och spörväxt blev det som varierade. ANNIKAS elev Anna visste också att mossor och ormbunkar inte hade blommor och på min fråga om vilken funktion blommor egentligen har svarade hon: "*blommorna är till för förökningen*". Detta kan jämföras med elever som besvarade denna fråga med att blommornas funktion var att locka till sig insekter. I utdraget ovan förs gräsen fram som blommor som vindpollineras och därmed skapas ytterligare ett variationsmönster. Alla blommor är inte pollinerade av insekter och dessa behöver därför inte vackra kronblad. De variationsmönster som konstituerats i undervisningen har gett ANNIKAS elever möjligheter att se på blomman som ett förökningsorgan mer generellt.

Calle var den av CAJSAS elever som vid den inledande intervjun kände till bins betydelse för äppelträdens pollinering och fruktbildning hemma i trädgården men jag hade också noterat att han då inte visste vad som fanns inuti ett pollen. Därför ville jag veta vad han skulle svara på samma fråga efter undervisning. Det visade sig då att han fortfarande var mycket osäker vad såväl pollenkornet som fröämnet innehöll, liksom på hur detta hängde ihop med embryot. Efter att vi talat en stund om människors och djurs fortplantning sade dock Calle om detta med embryot i fröet: "*ja men, det är ju samma sak som med*

*människor, mamma, pappa, barn!*”. Jämförelsen fick honom att göra en koppling till det generella attributet om befruktning, något som inte var okänt för Calle.

I de biologiska texter jag tillhandahöll under planeringsfasen fanns en text som skildrade den dubbla befruktningen, något som ingen av de sex lärarna hört talas om tidigare. BIRGIT, DORIS, EVA och FRIDA berättar alla under stimulated recall intervjun att de blivit så fascinerade av den dubbla befruktningen att de valt att ta upp detta attribut med eleverna i sin undervisning.

När DORIS elev Disa skulle berätta för mig om hur frön bildas hade hon fått en teckning av en blomma till hjälp. Bilden innehåller inga ord. Hon pekade på bilden när hon berättade:

Disa: Här är blomman å sen så kommer det ett bi å så ska den försöka få tag på nektar som finns här nere å då sitter det frömjöl här uppe på knappen på ståndarna å då fastnar det på biets kropp å då ska den fara till nästa blomma å då försöker den också komma åt nektar där å då fastnar frömjölet uppe på märket på pistillen på den andra blomman. Å då blir det en pollenslang dit ner till fröämnet ...å då far det två hanceller, en far till äggcellen å bildar ett frö å den den andra blir...vad heter det, äggvita? Nää, frövita! (skratt). Å sen så blir det frön å sen blir det en frukt å sen vissnar kronbladen av å sen kanske frukten far till marken eller nånting.

Disa sade senare något som till en början förbryllade mig. På frågan om vad som finns inuti ett frö svarade Disa som de andra eleverna att där fanns ett embryo och en frövita. När jag ställt denna fråga till eleverna har jag alltid följt upp deras svar med frågor för att få veta vilken mening eleven lade i dessa begrepp. När jag frågade Disa vad en frövita var sa hon först:

Disa: Mm...jaa...det är väl...en ...hanceller är där...för det far ju ner en hancell...

Efter ett par uppföljande frågor visade dock Disa att hon visste att frövitans var ett näringsförråd. Men varför sade Disa att det fanns hanceller i frövitans? Videofilmen från DORIS lektion innehåller en sekvens som kan kasta ljus över det som Disa sade. Sekvensen visar ett samtal mellan DORIS och hennes elever Hanna och Ingrid:

DORIS: Finns det nånting inuti den här ärtan då?  
Hanna: Det finns...befruktning.  
Ingrid: Nä...det finns...pollinering  
DORIS: Hm...vad är det som gör att det växer upp en planta från den här lilla ploppen? Den får vatten men finns det nåt häri som gör att det blir en...?  
Hanna: Joo  
DORIS: Vadå?  
Hanna: Befruktning...  
DORIS: Befruktning? Tänker du på det här när vi ritade blomman?  
Hanna: Jaa  
DORIS: Å så skedde det en befruktning där, vad blev det då där inne, kommer ni ihåg det? Det vart ju ett frö därinne, minns ni vad som fanns i det där fröet?  
Hanna: Nä...joo...två...  
DORIS: Säg vad du tänkte! Det var dom där två spermerna...  
Hanna/  
Ingrid: Jaa...  
DORIS: ...som prickade det där ägget.  
Hanna/  
Ingrid: Jaa...  
DORIS: Å maten till ägget... å så började äggcellen där å växa...å så blev det nåt som vi kallade embryo där...  
Hanna/  
Ingrid: Jaa...mm  
DORIS: Å det är ju kvar härinne i fröet det nu  
Ingrid: Det börjar växa  
DORIS: Det är det som börjar växa. Det där lilla embryot som är där i fröet...i det finns det ju så att det kan börja växa ut en rot å en stjälk å dom där hjärtbladen. Det finns däri.

När DORIS under stimulated recall intervjun ser sig själv under detta samtal med Hanna och Ingrid ser hon konfunderad ut och ber mig stoppa filmen:

DORIS: Herregud...vad jag tänker...jag ser minen...  
I: Vad tänker du då?  
DORIS: Då måste du backa tillbaka igen...

(vi ser sekvensen på nytt)

DORIS: Jag kommer inte ihåg, hade dom sagt att det blev ett frö direkt? Vad var jag ute efter? Var det att dom skulle komma ihåg själva befruktningen?

(vi ser sekvensen ännu en gång)

DORIS: Det var det jag var ute efter... för hon sa ”det är befruktningen” när jag frågade efter vad som fanns inuti ett frö. Jag ville kolla om dom förstod att det var från det där då, att det var det som var inuti fröet, att dom kunde koppla ihop det.

Enligt min mening reagerar DORIS responsivt på vad Hanna säger. Hon inser att Hanna kanske backat tillbaka till befruktningsogonblicket och embryots tillblivelse och backar själv tillbaka dit för att därifrån gå framåt igen till vad som finns inuti ett frö, embryot och embryots mat, det vill säga att den dubbla befruktningen även ger upphov till frövitans och att frövitans är ett näringsförråd i fröet. För DORIS var den dubbla befruktningen central och utgjorde en viktig del av hennes avsedda lärandeobjekt. Jag anser att hon ovan visade hur hon närmast intuitivt försökte hjälpa Hanna och Ingrid att fokusera attributen om befruktningen och koppla den till vad som finns inuti ett frö. Deras samtal kan liknas vid en vandring mellan attributen där DORIS håller flickorna i handen och det iscensatta lärandeobjektet därigenom kan bli det DORIS velat åstadkomma. Mer tveksamt är väl om hon, som hon säger, ”*kollar att dom kopplat ihop det*” eftersom det är DORIS själv som gör den kopplingen, inte eleverna. Min tolkning är dock att DORIS elever via den dubbla befruktningen har fått möjlighet att se sambandet mellan vad som finns inuti ett frö, befruktningen och embryots ursprung och att detta också är förklaringen till att Disa säger att det finns hanceller inuti ett frö och detta dessutom i pluralis.

DORIS samtalade på filmen med David och hans arbetskompis Jonny. Då visade DORIS tydligt hur hon fokuserar på *både* innehållet i lärandet och på hur pojkarna förstår det. DORIS insisterar på att få höra pojkarna berätta om hela fortplantningsprocessen och lyssnar uppmärksamt på dem. Under stimulated recall intervjun säger hon sedan själv om detta med dubbel befruktning:

DORIS: Det kändes inte krångligt! Jag visste, jag kunde det inte själv så det blev ett bra tillskott, att den fick mat! Det är ju vettigt! Däremot fick vi lite bryderi först för vi trodde ju det var bara äggceller i fröämnet å då var det nåt barn som började fråga, hur det kommer sej att ett blir embryo å ett blir mat? Å vi hade ingen aning...när båda var äggceller liksom. Det diskuterade vi länge, Eva å Frida å jag. Men Frida läste på hemma å då förstod vi. Nä, inte är det krångligt, det är logiskt.

DORIS visade alltså exempel på hur hon tillsammans med sina elever och arbetskamrater själv lärde vidare. Hon utvecklar härigenom sin egen förståelse för lärandeobjektet likaväl som sin förståelse för hur hennes elever relaterar till detta.

EVA gjorde också talrika jämförelser mellan växters och människors förökningsprocesser. Emil hade till att börja med problem med att skilja på pollinering och befruktning. Eftersom jag visste att EVA och hennes elever gjort åtskillnad på dessa bägge begrepp gav jag mig inte här utan Emil fick en bild till hjälp och då klarade han på ett bra sätt att berätta för mig om hur ett frö blir till. Emil förbryllade mig dock genom att säga att bilden var en ”*mammablomma*”. Jag ställde då ett par uppföljningsfrågor till Emil och fick veta att ”*Det är flickblomman för det är den som gör den nya blomman!*”

Det är bara flickor som kan bli mammor och få frön och barn, det visste Emil. Han menade att den blomma där fröet bildades var ”*mamma*” medan den blomma varifrån pollenkorntet kommit var ”*pappa*”, en bild av Emils uppfattning om sexuell reproduktion som något generellt och hur han med hjälp av personifierande metaforer uttrycker detta. Emil visade sedan också att han visste att ståndarna var hanorgan och pistillen honorgan.

EVA reflekterade ofta över hur hennes elever förstod innehållet de arbetar med. Jag hade också noterat hur hon, och även de andra lärarna, använde sin analytiska kompetens direkt i undervisningssituationen när de i samtalen med sina elever hjälpte dem i deras lärande. Jag frågade EVA vad hon trodde var förutsättningen för detta:

EVA: Jo, man vet...man har kunskapen själv å då kan man ställa dom där ledande frågorna till barnen som gör att dom kommer fram till svaret. Det måste ju vara det...för om jag inte visste vad barnet inte vet, då kan jag ju aldrig ställa den frågan. Om jag inte vet vad det är barnet inte förstår då kan jag inte ställa den där frågan som gör att barnet tänker efter.

I: Varför ställer du en viss fråga i ett visst ögonblick?

EVA: Det är ju utifrån barnet..vad barnet har visat å vad det har kört fast på. Om det då är befruktningen dom har kört fast på...att det fastnar ett pollenkornt å så växer det ut en pollenslang t ex å så befruktar den äggcellen. Jaha, befruktar den äggcellen? Då tänker dom ju: Det kan den inte göra, det måste vara nån annan som befruktar den å vem är det?

Här visade EVA hur uppmärksam hon är på detaljer i det eleverna säger, det är ju inte pollenslangen, utan spermien som befruktar äggcellen.

Kategori 2A sammanfattas i tabell 4 där de kritiska aspekterna för det erfarna lärandeobjektet kan jämföras med exempel på variationsmönster i det som iscensatts i undervisningen.

*Tabell 4. Sammanfattning av kategori 2A.*

<b>Attribut</b> (specifikt, generellt)	<b>Kritiska aspekter</b>	<b>Invarians / varians</b>
Befruktning innebär att könsceller sammansmälter (g).  Dubbel befruktning (s).  Embryot ett resultat av befruktningen (g)	Skillnaden mellan pollinering och befruktning klar.  Embryot i fröet är ett resultat av befruktningen.	Pollinering / vind, vatten, insekter.  Sexuell reproduktion, ägg, spermie / växt, djur, människa.  Embryo / liten planta, baby.  Dubbel befruktning: två spermier / frövita respektive embryo.

Befruktningen, det vill säga sammansmältningen av ägget och spermien i fröämnet, har blivit möjlig att urskilja genom de variationsmönster som jämförelsen med andra sexuellt reproducerande organismer erbjuder. Embryot i fröet blir därmed jämförbart med andra embryon i generell mening Framförandet av den dubbla befruktningen med två spermier, har erbjudit ett alternativt sätt att förstå att embryot i fröet är ett resultat av befruktningen.

***Kategori 3A: Embryots och växtens egenskaper bestäms av arvsanlagen i könscellerna.***

Denna kategori är den mest komplexa av kategorierna inom temat "Fröet bildas i en blomma". Kategorin formas när ytterligare ett generellt attribut tillförs som kan öka förståelsen för varför en viss växtart ser ut på ett visst sätt.

Tillkommet generellt attribut:

- *Könscellerna innehåller arvsanlag som bestämmer embryots och växtens egenskaper*

Denna kategori innebär en förståelse för såväl embryots ursprung som dess framtida utveckling. De kritiska aspekterna är att befruktningen innebär att arvsanlag från föräldraplantorna sammanförs i embryot och blir avgörande för växtens egenskaper.

### *Empiriska exempel för kategori 3A*

FRIDA och jag talade om förökningsprocessen under stimulated recall intervjun:

I: Kan dom skilja på pollinering och befruktning?

FRIDA: Jo, det tror jag, jag frågade vad som var skillnaden...å det svarade dom rätt på. Men naturligtvis, då säger man ju åt dom att det är en skillnad mellan dom å då tänker dom till.

I: Tror du att dom kopplar ihop att embryot är ett resultat av befruktningen?

FRIDA: Joo, det tror jag. För vi pratade mycket om, vi jämförde det med människan, väldigt ofta. Om hur dom har blivit, å deras syskon å att dom ser olika ut. Jag hade ärtor i handen å frågade om dom kommer att se likadana ut å dom flesta sa att dom kommer att se olika ut, för att dom hade olika föräldrar, en del pratade om överkorsningen som sker när könsceller bildas.

Ovanstående är ett uttryck för hur exempel som ges via generella attribut bidrar till att variationsmönster uppstår. Mot en bakgrund av invariants egenskaper hos sexuell reproduktion varierar olika former av levande organismer och hur dessa i sin tur kan se olika ut på grund av arvsanlag. FRIDAS elever var också de enda som talade om arvsanlag i samband med befruktning. Så här sade Fia:

I: Vad finns i äggcellen och spermien?

Fia: Dom där kromosomerna, dom bestämmer hur embryot ska se ut.

Fias klasskamrat Filip hade till att börja med lite svårt att förklara skillnaden mellan pollinering och befruktning. När han fick en teckning till hjälp gick det lättare. Då kunde han identifiera pollenslangen, äggcellen och centralkärnan och berättade att befruktningen är när två spermier kommer ner i pollenslangen och sammansmälter med dessa:



I: Vad är det som finns inuti dom där, inuti spermerna och ägget?  
Filip: Nä...det...det kommer jag inte ihåg.  
I: Om jag säger ordet anlag, vad säger du då?  
Filip: Arvsanlag...det är ju som rötterna å stjälken å det där...  
I: Finns det arvsanlag i pollen å i äggcellen tror du?  
Filip: Joo, för pollen är ju från "pappan" å det där är från mamman  
(pekar på bilden).  
I: Det är rätt Filip...å embryot har då fått...?  
Filip: Hälften från mamman å hälften från pappan...

Filip visade här insikt om att könscellernas arvsanlag bidrog med hälften var till embryots egenskaper. Utan bilden på blommans delar hade det varit svårare för Filip att berätta för mig vad han kunde. Detta är ett exempel på den betydelse artefakter har och de svårigheter som finns i all forskning som försöker studera vad någon, inte minst barn, förstår. Filip kunde tillsammans med bilden uttrycka mer än vad han gjorde utan den.

FRIDAS beslut att införa det generella attributet om arvsanlag innebar också att hon gjorde kopplingar till evolutionen. Fia funderade under den videofilmade lektionen på var lappen med ordet "evolution" skulle passa in bland de övriga. Hon uttryckte då att evolutionslappen kunde läggas var som helst egentligen eftersom växter "*utvecklas ju hela tiden*". FRIDA förde då in samtalet på att "*utveckling kunde ske på flera nivåer*" och Fia svarade att "*dom utvecklas ju när dom växer men dom utvecklas ju också med dom där arvsanlagen*". Jag följde aldrig upp detta med Fia under den avslutande intervjun men när Fanny och jag under intervjun kom in på området själv- respektive korsbefruktnings frågade jag vad som kunde vara nackdelen med självbefruktnings. Det svar jag fick av Fanny var att "*då står dom still i utvecklingen när dom ska utvecklas*". Med detta menade Fanny att varierande arvsanlag hos föräldraplantorna var det som möjliggjorde att nästa generation plantor kunde se ut på ett annat sätt.

I tabell 5 kan de kritiska aspekterna för det erfarna lärandeobjektet i kategori 3A jämföras med variationsmönster i det iscensatta lärandeobjektet.

Tabell 5. Sammanfattning av kategori 3A.

Attribut (specifikt, generellt)	Kritiska aspekter	Invarians / varians
Könscellerna innehåller arvsanlag som bestämmer embryots egenskaper (g).	Befruktningen innebär att arvsanlag sammanförs i embryot och bestämmer växtens egenskaper.	Sexuell reproduktion, ägg, spermier, arvsanlag / likheter, olikheter hos växter, människor, syskon, tvillingar, generationer.

Urskiljandet av att könscellerna innehåller någonting som när de sammansmälter inte bara ger upphov till embryot, utan också avgör hur embryot som färdig planta kommer att se ut, har möjliggjorts genom jämförelser med likheter och olikheter hos såväl växter som människor.

### **Sammanfattning och diskussion av Tema A ”Fröet bildas i en blomma”**

Vilket svar ger resultatet av tema A på forskningsfrågan om hur lärandeobjektet förstås i termer av erfarna kritiska aspekter och hur dessa aspekter behandlats i undervisningen? Det innehåll som eleverna förstått på ett likartat sätt, det som jag har valt att kalla gemensamma kunskaper, visade att undervisningen erbjudit eleverna möjligheter att lära sig mycket om blommors förökning. Ingen elev tvekade efter undervisning om blommans roll för förökningen och ingen elev blandade ihop frö- och pollensspridning, som exempelvis Helldén (1992) funnit vara vanligt. De gemensamma kunskaperna karaktäriserades av attribut som var specifika för lärandeobjektet och som hade en lättillgänglig fysisk referens. Variationsmönster som gjorde det möjligt att urskilja blommans olika delar, konstituerades genom iakttagelser av könsorganen hos levande växter av olika slag och pollineringen som begrepp blev tydligt genom exempel på olika former av pollinering. Vad som händer efter pollineringen, befruktningen i pistillens fröämne var dock oklart hos ett par av eleverna. Resultat från tidigare forskning (Driver m.fl., 1994) har ju också visat på att befruktningen hos växter ofta är okänd. Det kan i denna studie förklaras med att befruktningsbegreppet inte behandlades

på ett tillfredsställande sätt i det läromedel eleverna använde, och att läraren inte lyft fram begreppet i någon situation för just dessa elever.

I tabell 6 sammanfattas variationsmönstren i de sex lärarnas iscensatta lärandeobjekt tillsammans med de kategorier av erfarna lärandeobjekt som förekommit i deras elevers utsagor.

*Tabell 6. Sammanfattning av relationen undervisning—lärande för Tema A.*

Lärare	Invarians / varians	Kategori
ANNIKA	Blommans könsorgan / olika arter. Pollinering / olika former. Växter / fröväxter, sporväxter. Sexuell reproduktion, ägg, spermier / olika livsformer.	2A (embryot ett resultat av befruktningen)
BIRGIT	Blommans könsorgan / olika arter. Pollinering / olika former. Växter / fröväxter, sporväxter. Dubbel befruktning, två spermier / frövit, embryo.	1A (embryots ursprung oklart). 2A
CAJSA	Blommans könsorgan / olika arter. Pollinering / olika former.	1A 2A
DORIS	Blommans könsorgan / olika arter. Pollinering / olika former. Dubbel befruktning, två spermier / frövit, embryo.	1A 2A
EVA	Blommans könsorgan / olika arter . Pollinering / olika former. Sexuell reproduktion, ägg, spermier / olika livsformer. Dubbel befruktning, två spermier / frövit, embryo.	2A
FRIDA	Blommans könsorgan / olika arter. Pollinering/olika former. Dubbel befruktning, två spermier / frövit, embryo. Sexuell reproduktion, ägg, spermier, arvsanlag / olika livsformer, syskon, tvillingar, generationer.	3A (embryots, växtens egenskaper bestäms av arvsanlag)

Likheterna mellan de sex lärarnas undervisning utgör en del av förklaringen till det som kännetecknar elevernas gemensamma kunskaper, de har alla sex behandlat blommans könsorgan och pollinering på ett likartat sätt i sin undervisning. Olikheterna kan i sin tur förklara en del av variationen i förståelse efter undervisning. ANNIKAS införande av generella attribut om sexuell reproduktion gav hennes elever möjlighet att se skillnaden mellan pollinering och befruktning, insikter om embryots ursprung och om likheterna mellan växters, djurs och människors förökning. FRIDAS införande av attributet om arvsanlagen har medfört insikter hos hennes elever om genernas roll. Något absolut orsakssamband mellan undervisning och lärande finns dock inte, möjligheterna till lärande har tagits tillvara på varierande sätt hos eleverna och möjligheter att förstå detta tema har också funnits utanför skolan och genom tidigare erfarenheter. Sexuell reproduktion var inte något okänt begrepp för eleverna och sambandet mellan undervisning och lärande är i Tema A inte lika tydligt som det visade sig vara i Tema B.

Variationsmönster har kunnat leda till ett annat sätt att förstå hur frön bildas både när dessa åstadkommit i undervisningen och tagits med i minnet till intervjun, eller konstituerats synkront i intervjusituationen som sådan. Min egen förmåga att som intervjuare konstituera dessa variationsmönster har påverkat elevernas möjlighet att förstå mina frågor och även påverkat deras förståelse i situationen. En jämförelse med människors och djurs fortplantning kunde exempelvis medföra att eleven svarade på ett annat sätt än om jag inte gjorde denna jämförelse och en bild på en blommas delar kunde medföra att eleven besvarade frågan på ett sätt som kanske inte varit möjligt utan bilden. Jag tolkar exempelvis Calles utsaga om att "*det är ju precis som med människor*" som ett tecken på att han på grund av mina jämförelser just då insåg detta, trots att han strax innan visat osäkerhet över hur pollenkornet hängde ihop med embryot. Detta utgör ett exempel på hur förståelse kan variera inte bara *mellan* individer utan också *inom* individer. Calle ger under intervjun utsagor som kan hänföras till både kategori 1A och 2A. Kategoriangivelsen i tabell 6 innebär därför inte att exempelvis alla ANNIKAS elever som *individer* har en förståelse motsvarande kategori 2A utan att samtliga *utsagor* jag fått från dem representerar denna kategori.

Vad innehåller ett frö? Före undervisning besvarade alla eleverna denna fråga med att säga något i stil med att ett frö innehöll ”*något som kunde bli en ny växt*”. Efter undervisningen besvarades denna fråga ofta med att fröet innehåller ett embryo. Det går att *tala om* för en elev att ett frö innehåller ett embryo, men vilken mening får detta för eleven utöver att det är ett nytt ord som egentligen har samma innebörd som ”*något som kan bli en ny växt*”? Just detta fann jag särskilt intressant eftersom de olika innebörder som eleverna gav ordet embryo kunde tyda på olika sätt att förstå viktiga och generella samband gällande sexuell reproduktion. Embryot i fröet var för alla elever det som skulle bli en ny växt. För de elever där skillnaden mellan pollinering och befruktning var klar, var embryot ett resultat av en sammansmältning av en spermie och ett ägg, och för de elever som erbjudits insikter om arvsanlagen, innebar sammansmältningen dessutom att genetiska egenskaper överfördes till avkomman. En slutsats som kan dras är att när undervisningen belyst blommors förökning genom det generella attributet om sexuell reproduktion och jämförelser med andra organismer, har detta påverkat elevernas förståelse för hur frön bildas. Det har då också blivit möjligt att urskilja likheterna mellan alla sexuellt reproducerande organismer. Det som ska bli en ny växt, blir då ett resultat av sexuell reproduktion i generell mening och växters utseende och egenskaper något som till stor del är genetiskt bestämda, precis som för alla andra levande varelser.

Fröväxter har övervägande sexuell reproduktion och alla sexuellt reproducerande organismer har vissa saker gemensamt som beskriver reproduktionen. Den sexuella reproduktionen med ägg och spermier som innehåller arvsanlag som vid befruktningen sammansmälter är alltså invariant medan livsformerna varierar, som t ex fröväxt, människa och djur. Attributet om befruktningen visade sig vara särskilt centralt för den variation som visat sig i elevernas förståelse eftersom detta attribut, och de variationsmönster som konstituerades för detta genom jämförelser med andra sexuellt reproducerande organismer, påverkade den innebörd eleverna gav ordet embryo. Befruktningen som generellt begrepp har alltså i detta tema urskiljts genom variationsmönster och fysiska referenser som i undervisningen konstituerats via exempel hämtade *utanför* det specifika lärandeobjektet. Metaforer av olika slag har använts flitigt; *mamma, pappa, flicka, pojke hona, hane, baby* och liknande har kunnat bidra till generaliserande variationsmönster. Den dubbla befruktningen som

utgjorde ett attribut hos fyra av de sex lärarna visade sig få betydelse där det förekom då det verkat tydliggöra att embryot är ett resultat av befruktningen. Metaforer som att en spermie *"blir till embryot"* och en spermie blir till *"embryots mor"* verkar här kunna öppna för variation.

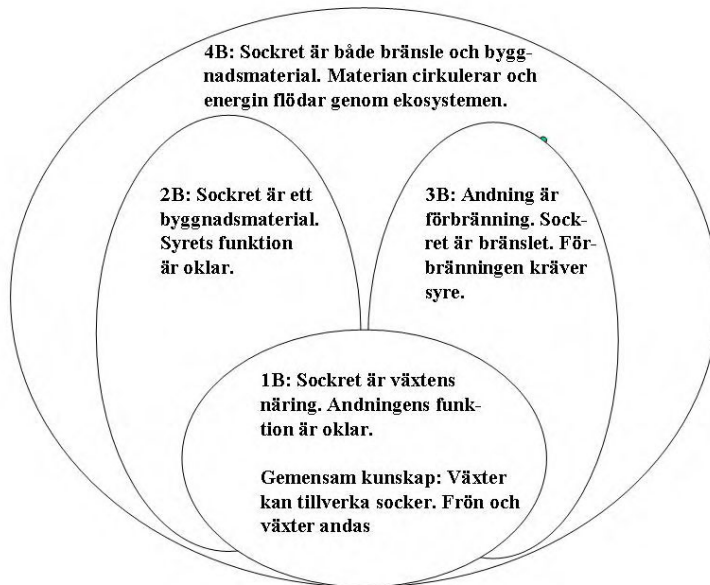
Ett strävansmål för grundskolans biologiämne är att *"eleverna utvecklar kunskap om livets villkor och utveckling och kan se sig själv och andra livsformer i ett evolutionsperspektiv"*. Under en diskussion om målformuleringar fick jag en gång en fråga från en lärare angående just detta strävansmål, *"Vad betyder det där målet egentligen? Vad kan vi göra med eleverna när vi jobbar med det där?"* Den frågan avslöjar två problem: För det första att lärare kan se sitt uppdrag som att särskilda saker kan *"göras"* för att åstadkomma ett visst lärande. Detta är en viktig anledning till att lärare i sin fortbildning efterfrågar konkreta aktiviteter att genomföra med sina elever. För det andra avslöjar frågan vikten av att lärare själva ser på något på ett visst sätt för att senare kunna presentera detta för sina elever på ett visst sätt. Jag vill hävda att genom att se på embryot i fröet ur ett mer generellt perspektiv så kan lärare också hjälpa elever mot just detta strävansmål liksom mot en ökad förståelse för villkoren för, och betydelsen av, biologisk mångfald.

Innebörden av begreppet *"embryo"* skulle i generell mening kunna vara: *"det som ska bli växten, valpen, barnet..."* beroende på vilken organism det handlar om. De specifika attributen i tema A, det vill säga de attribut som är kopplade till hur frön bildas, har fått en vidare innebörd för eleverna med hjälp av jämförelser med djurs och människors fortplantning och dem själva som individer mer eller mindre lika sina släktingar. Att de generella attributen urskiljs av eleverna *samtidigt* som de specifika, har visat sig vara av vikt för insikterna om att även embryot i fröet är ett resultat av en befruktning och att en ärtä blir en ärtä och inte en tulpan på grund av arvsanlag. Detta menar jag ger ökade möjligheter att förstå den genetiska bakgrunden till varför alla artplantor, eller människor, inte ser likadana ut. De svenska femtonåringarnas brist på förmåga att ge någon form av genetisk förklaring till en avkommas egenskaper, som visade sig i NU-03 (Andersson m.fl., 2004), bör därför inte vara omöjlig att åtgärda.

## Tema B ”Fröet och plantan växer”

Inom detta tema berörs frågor som handlar om hur fröet gror och plantan växer. I ett vidare perspektiv berör temat växternas betydelse för kretslopp och energiflöden i naturen. Variationen inom temat sammanfattas i figur 3. De gemensamma kunskaperna utgörs av kännedom om att växter kan tillverka socker och syre av koldioxid och vatten, och att detta socker även används av växten själv. Förståelsen för *hur* sockret och syret används kan utvecklas vidare till en förståelse för att sockret utgör ett dels byggnadsmaterial, dels ett bränsle i cellandningen, att syret är en förutsättning för förbränningen liksom att material och energin från fotosyntesen via näringskedjorna kommer allt annat levande till del.

Figur 3: Variationen inom Tema B.



### Elevernas förståelse av hur ”Fröet och plantan växer” före undervisning

Sammanställningen av den inledande intervjun gav en övergripande bild av hur eleverna såg på frön och deras växande: Frön är början på ett liv och de kan börja leva om man planterar dem i jord och vattnar dem. De flesta ansåg att frön också behöver ljus för att gro. Några elever uttryckte tankar om att fröet innehöll näring av något slag men

den näringen var inte till nytta för fröet utan för någon annan, t ex fåglar. Eleverna ansåg att fröet för sin egen del måste få näring *utifrån*, från jorden eller vattnet, för att kunna växa. Det visade sig också att många av eleverna hade svårt att se på begreppet "frö" i generell mening, ett havrekorn var exempelvis inte ett frö.

BIRGITS elev Bosse kan få illustrera den bild av vad ett frö innehåller som delades av flertalet elever innan undervisningen startade. Så här svarade Bosse på min fråga om vad han tror finns inuti ett frö:

Bosse: Det är ju växten...fast den är ju inte som växten...men det är ju i alla fall så att det blir en växt om man stoppar ner det i jorden...

I: Kan det finnas nåt mer där inne?

Bosse: Jaa...kanske...jag vet inte, men kanske näring?

Vid den inledande intervjun angav samtliga elever att för att en planta skulle växa var det viktigaste att den fick sol och vatten men näring från jorden ansågs också väsentligt. De flesta visste också att de behövde något från luften även om ett par stycken hade svårt att komma ihåg själva ordet koldioxid. Det var vanligare att eleverna kunde svara på frågan "*Vad behöver en växt för att leva?*" än att de kunde redogöra för innebörden av ordet fotosyntes vid en fråga om detta. Alla kunde på något sätt uttrycka att "*växter tillverkar sin egen näring*" och de visste att syre bildades vid processen, i annat fall kunde de säga något i stil med att växterna "*gör så att vi kan andas*". Fotosyntesen var något alla elever stött på tidigare och det handlade alltså denna gång om en repetition. Cellandningen som begrepp var däremot mindre känd. I den mån eleverna kunde säga något alls om detta handlade det om gasers transport "*in och ut*" genom bladen och då i termer av att "*Vi får nåt av dom och dom får nåt av oss*". Ett par elever sade att "*Cellandningen är fotosyntesen baklänges*" men kunde inte förklara detta närmare.

EVAS elev Erik fann jag särskilt intressant vid den inledande intervjun eftersom han var den ende som kom in på energins flöde i ekosystemen och redan då använde ordet förbränning. Han visade också förståelse för att solljuset under fotosyntesen omvandlades till en *annan sorts energi* som andra livsformer kan utnyttja. Erik berörde alltså redan innan undervisning energiomvandlingar och energins flöden i ekosystemen:



- I: Vad behöver växten när den blivit lite större?
- Erik: Då behöver den näring...å då måste den ha solljus...för den kan omvandla...det är ju bara dom här på jorden som kan omvandla solljus till energi
- I: Just det, kan du förklara på nåt närmare sätt vad du menar när du säger så?
- Erik: Alltså solen är ju största kraftverket i vårt solsystem...å då...fast solen ger ju ut energi fast inte som vi kan...andas...men det kan ju växterna, dom omvandlar det ju till energi.
- I: Vilken sorts energi har dom omvandlat det till?
- Erik: Förbränningsenergi
- I: Mm...förbränningsenergi...
- Erik: För alla växter och djur förbränner ju det dom får i sej...
- I: Vad är förbränning för nåt?
- Erik: Alltså när du äter blir du varm...å då börjar det koka i magen å så finns det syror som hjälper till

Erik gör dessutom en koppling till matspjälkningsapparaten. Jag vill inte påstå att Erik förstod vad energiomvandlingar och förbränning innebär men utdraget visar att han fått möjlighet att komma en bit på vägen genom tidigare undervisning och att det för honom fanns ett samband mellan solen, maten och kroppsvärmen.

### **Gemensamma kunskaper efter undervisning**

Följande specifika attribut talade samtliga elever om efter undervisning:

- *Frön kan se väldigt olika ut och ändå vara frön.*
- *Vatten och värme startar fröets groningsprocesser.*
- *Frövitans innehåller ett näringsförråd som används tills dess att fröet växt upp till en grön planta som i fotosyntesen kan tillverka sin egen näring i form av socker.*
- *Vid fotosyntesen omvandlas koldioxid och vatten till socker och syrgas. Fotosyntesen kräver ljus.*
- *Klorofyllets uppgift är att fånga in solljuset och klorofyllet kräver ljus för att bildas.*
- *Såväl groende frön som växter behöver luft.*

Anledningen till att alla elever lärt sig uttrycka hur frön och plantor växer med hjälp av ovanstående attribut är många. Det oberoende attributet att frön kan se ut på många olika sätt, blev tydligt för eleverna som ett resultat av de dimensioner av variation som omedelbart öppnade sig i de samtal som fördes runt en frösamling.

Alla elever har fått rita bilder av frön och skriva vad de innehåller. De har skurit itu frön och tittat på dem med lupp. Samtliga har fått odla ärtor och andra frön och fått se vad som händer dag för dag med rot, stjälk och hjärtblad. Odlingsförsöken möjliggjorde också urskiljandet av att värme, liksom luft, behövs för att ett frö ska gro och att ljus behövs för klorofyllbildningen, men *inte* för groningen. Här noterades ett enkelt orsakssamband: de elever som sett en planta växa upp i en mörk garderob sade att *"i mörker blir den gul, lång och gänglig för den söker efter ljuset"* medan elever som sett en planta växa i en kruka mörklägd med folie och avbrutit försöket på ett tidigt stadium på grund av utrymmesbrist sade: *"den blir gul, liten å ynkelig"*.

Fotosyntesen och solens betydelse, liksom klorofyllets funktion, är attribut som förekommit i undervisningen tidigare. De äldre eleverna deltog exempelvis i aktionscykeln "Amaryllisen" (Vikström, 2002) och därefter har alla årligen arbetat med studier av olika ekosystem där fotosyntesen varit en viktig del av lärandeobjektet. Här blev fotosyntesen därför en repetition i en ny kontext. Den i läromedel och i undervisningen vanligt förekommande metaforen för fotosyntesen att *"växter gör sin egen mat"* kunde enkelt följas av metaforen *"Mammablomman har packat en matsäck till fröet"* som syftade på frövitans uppgift och ursprung i moderplantans fotosyntes.

Samtliga attribut är specifika för frön och plantor som växer och det har varit möjligt att konstituera variationsmönster och fysiska referenser på ett konkret sätt genom odlingsförsök och direkta iakttagelser. Genom att lärarna innan undervisningen startade fått tillgång till utskrifter från den inledande intervjun fick de veta att eleverna inte kände till att fröet hade ett näringsförråd som skulle användas för fröets *egen* räkning och att frön kunde se väldigt olika ut och ändå vara frön. Just detta har de sedan lagt vikt vid att följa upp.

### **Variationen i sätten att förstå Tema B "Fröet och plantan växer"**

Den variation som jag funnit intressantast inom detta tema berör framför allt funktionen hos det socker och det syre som bildas vid fotosyntesen. Detta är intressant därför att insikter angående detta har betydelse för utvecklingen av elevernas ekologiska förståelse. Innebörden hos attributet om frövitans näringsförråd, attributet om fotosyntesen, och framförallt attributet om andningen kunde hos eleverna utvecklas vidare på varierande sätt. Just dessa tre attribut

visade sig alltså vara särskilt beroende av andra attribut för att de skulle få en rikare innebörd.

***Kategori 1B: Frön och växter behöver syre eller luft för att de andas som vi människor. Sockrets och syrets funktion är oklar.***

Kategori 1B innebär att förståelsen begränsas till att omfatta de gemensamma kunskaperna. Alla elever känner till de tre faktorer som är nödvändiga för att ett frö ska gro; vatten, värme och syre, men syrets egentliga funktion för fröet förblir okänd. Attributet om fröns andning har visat sig vara i hög grad beroende av bland annat generella attribut om förbränning för att få en mening utöver den som kännetecknar denna kategori där syre behövs ”för att dom ska gro”. Växter i sin tur behöver luft för att få tillgång till koldioxid och deras andning uppfattas som det gasutbyte av koldioxid och syre som sker via klyvöppningarna. Sockret uppfattas som viktigt för växten men det är oklart på vilket sätt.

Den kritiska aspekten för denna kategori är alltså att sockret och syret som bildats i fotosyntesen är viktigt även för växters och fröns egna behov men det är oklart på vilket sätt. Sambandet mellan sockret och syret urskiljs inte och detta innebär att det inte heller finns något samband mellan fröets syrebehov och näringsförrådet i frövitån. Såväl fröets, som växtens egen metabolism förblir därför oklar.

*Empiriska exempel för kategori 1B*

Beatrice berättade för mig att fotosyntesens funktion var att tillverka ”egen näring åt växten” och att näringen var gjord av ”solljus och druvsocker”. Vi kom då också in på in på näringen som finns i frövitån:

Beatrice: Den använder frövitån som näring

I: Hur länge behöver fröet den där näringen då som finns i fröet?

Beatrice: Den behöver den tills den har kommit upp, tills hjärtbladen har börjat komma å de...

I: Vad är det som händer då?

Beatrice: Då behöver den solljus å koldioxid...när den är frö behöver den bara syre, värme och fukt...men sen behöver den allting.

I: Å varför behöver dom syre, vad ska dom ha det till?

Beatrice: Dom andas ju som vi...fast inte med lungor å så där...men dom andas...

I: Den färdiga växten då, behöver den syre?

Beatrice: Dom andas ju ut syre när dom andas.

BIRGITS elever, Bosse, Beatrice och Bella visste alla att fröet behöver syre, eller luft, för att gro men vad som var syrets funktion var oklart liksom vad sockret skulle användas till utöver att vara "näring så att dom kan växa". Eleverna uttryckte också uppfattningen att växter andas ut syre och andas in koldioxid medan människor och djur gjorde tvärtom. BIRGIT medgav under stimulated recall intervjun att hon tyckte att cellandningen var ett svårt begrepp och att hon inte förstod det riktigt bra själv. Hon sade också:

I: Att frön behöver vatten, värme å syre eller luft, det verkar ju vara spridd kunskap hos dina elever men förstår dom vad dom där olika sakerna ska vara till för? Vad ska syret vara till för? Hur många förstår det?

BIRGIT: Ja, det är en fråga...det har jag faktiskt inte tänkt på, det har jag missat helt och hållet.

Hon visade eleven Johanna ett glas fyllt med vatten och en ärtä på botten. Meningen var att Johanna skulle fundera på huruvida fröet kunde gro i vatten eller inte. BIRGIT samtalade med henne om detta:

Johanna: Är det så att fröet får inget syre däri?

BIRGIT: Nää

Johanna: Å då kan den inte växa?

BIRGIT: (Håller i glaset och funderar)...jag ska fråga Anna

BIRGIT kom nu fram till mig och bad om hjälp med att förklara varför fröet inte kan gro i vattenglas. Jag berättade att fröet i vattenglas kunde få problem med groningen då det uppstår syrebrist och att cellandningen inte fungerar tillfredsställande. BIRGIT gick sedan tillbaka till Johanna:

BIRGIT: Det var som jag tänkte

Johanna: Den kvävs

BIRGIT: Den kan inte andas, som med människor, den drunknar.

Någon ytterligare förklaring får inte Johanna. BIRGIT för här ett cirkelresonemang och den fysiska referens i form av metaforen "fröet drunknar" som Johanna erbjuds leder heller inte vidare mot ökad förståelse.

Ett annat exempel på en utsaga som illustrerar vad ett frö innehåller och frövitans funktion är vad Bosse säger om detta efter undervisning:

Bosse: Ett frö innehåller frövitans så den växer

I: Vad händer med frövitans när fröet börjar växa?

Bosse: Den tar väl slut efter ett tag, det är nog därför man inte får plantera dom för djupt, då kommer dom aldrig upp.

Bosse och jag samtalade också om fröets andning i samband med detta. Bosse förde samma typ av cirkelresonemang som BIRGIT gjorde; fröet behöver syre för att andas och cellandningen det var *"när dom andades"*. Han kunde inte förklara vad cellandningen egentligen innebar. Bosse frågade sig också hur det gick till när frön andades *"för dom har ju inga klyvöppningar att andas med?"* sade han. För Bosse var andning en transport av gaser ut och in, precis som vid hans egna andetag. Det samma gällde DORIS elev Desirée som på min fråga om hur växter gjorde när dom andades, svarade: *"dom gör så här...puh...puh...puh..."* och visade detta med högljudda ut- och inandningar.

Bella är 12 år och jag vet att hon stött på begreppet cellandning i tidigare skolår. Kanske det hjälpte henne en bit på vägen liksom ett försök som BIRGIT genomförde. I det försöket visades en burk till hälften fylld med genomfuktade ärtor som förslutits med ett tättslutande lock och fått stå några dagar. Då börjar ärtorna att andas och burken fylls med koldioxid vilket kan påvisas med att en brinnande tändsticka slocknar om den hålls intill burkens mynning då locket skruvas av. BIRGIT förklarade detta med att *"ärtorna andas syre, syret tar slut, det bildas koldioxid"*. Så här sade Bella om detta när jag avslutningsvis intervjuade henne:

I: Vad använder fröna syret till?

Bella: Dom andas...med cellandning...å dom förbrukar syret å det bildas koldioxid.

I: Finns det nåt samband mellan det där syret å stärkelsen å sockret i frövitans som du talade om förut?

Bella: Inte vad jag vet, men det finns det väl eftersom du frågar...

I: Har du hört ordet cellandning, vet du vad det är?

Bella: När nån springer...eller bantar

I: Har fröet nån cellandning?

Bella: Jo, den andas ju, den förbränner med syret

I: Förbränner den nåt mer än syret?

Bella: Jag vet inte.

BIRGIT har i samband med detta experiment berört generella attribut om förbränning och *talat om* att syre förbrukas i processen, liksom att koldioxid och vatten bildas. Några variationsmönster som gjort det möjligt att urskilja vad förbränning och cellandning generellt innebär har dock inte konstituerats i BIRGITS undervisning och därför hängde detta attribut ”i luften” för Bella.

De kritiska aspekter som definierar det erfarna lärandeobjektet i kategori 1B och exempel på de variationsmönster som förekommit i det iscensatta lärandeobjektet sammanfattas i tabell 7.

*Tabell 7. Sammanfattning av kategori 1B.*

Attribut (specifikt, generellt)	Kritiska aspekter	Invarians / varians
Vatten, värme startar fröets groningen (s). Frövitnen innehåller ett näringsförråd (s). Vid fotosyntesen omvandlas koldioxid och vatten till socker och syrgas(s). Frön och växter andas (s).	Sockret och syret är viktigt för växten och fröet men funktionen är oklar.	Fröet groer / olika förhållanden, temperatur, vatten, luft, ljus. Alla andas / växter, frön, människor. Andas / inte andas, kvävas, drunkna. Fotosyntesen / tillverka socker, näring, mat åt växten. Fotosyntesen / olika kontexter (repetition).

Odlingsförsöken erbjöd den variation som möjliggjorde urskiljandet av förutsättningarna för fröets groningen och att syret var en av dessa. Fotosyntesen hade eleverna stött på vid ett flertal tillfällen tidigare, i sina studier av olika ekosystem och av amaryllislökens tillväxt, repetitionen som sådan kunde därför erbjuda variation. Metaforer och liknelser som i undervisningen använts angående andningen, används också av eleverna, men har inte lett till någon ökad förståelse.

***Kategori 2B: Sockret används som byggnadsmaterial när växten bygger upp sig själv. Solen ger energi till byggandet. Syrets funktion är oklar.***

Här har ett centralt specifikt attribut tillkommit:

- *Socker används som byggnadsmaterial i plantans tillväxt.*

Detta i sin tur har medfört att även ett nytt generellt attribut införs:

- *Energi krävs för att utföra ett arbete*

Växters arbete med att först bygga socker av koldioxid och vatten och sedan bygga vidare med sockret kräver energi, en energi som tillhandahålls av solen. Denna kategori innebär därmed en förståelse för att energi och materia är olika saker. Precis som i föregående kategori saknas dock generella attribut om förbränning som kan ge möjlighet till ökad förståelse för cellandningen.

De kritiska aspekterna för denna kategori är att såväl koldioxid och vatten som sockret, uppfattas som ett som byggnadsmaterial, och att solen ger den energi som krävs för växtens byggnadsarbete.

#### *Empiriska exempel för kategori 2B*

CAJSA och DORIS betonade inte växters eget syrebehov. För dem blev bilden av sockret som byggnadsmaterial det som kom att stå i fokus för deras undervisning.

Både Camilla, Christian och Calle använde sig av uttrycket ”att bygga upp” när de talade om det socker som bildades vid fotosyntesen. Camilla som använde metaforen ”bygga” redan vid den inledande intervjun talade efter undervisning mer precist om fotosyntesen på följande vis:

I: Ni vet ju alla nu att solljuset är jätteviktigt, men vad är det dom använder solljuset till?

Camilla: För att dom ska växa!

I: Jo, men varför...vad är det dom gör när dom växer?

Camilla: Sitt socker

I: Ja visst!

Camilla: Dom använder socker för att bygga!

Camilla berättade också att sockret i sin tur är byggt av koldioxid och hon verkade ha en förståelse för att solljuset är något som behövs vid bygget ”för att orka bygga” men som inte utgör ett byggnadsmaterial. Hon kopplade med andra ord ihop fotosyntesen och solens betydelse, med arbete som något energikrävande.

Camilla hade dock problem med att förstå varför frön behöver syre och cellandning var för henne "ett system som går runt" då hon kopplade det till tankar om kretslopp i naturen. Camilla visste att växter får sin energi från solen och att energin används till "att bygga". Däremot saknades insikten om att solen visserligen ger energi till att bygga socker men att cellandningen är en förbränningsprocess som ger energi till annat "byggarbete" som cellen utför.

Christian visste också att växterna bygger socker av koldioxid och vatten och att sockret i sin tur kan användas att bygga med. "Sockret är växtens mat å den bygger med det" sade Christian. På samma sätt som Camilla uttryckte han att solen ger energi till byggandet Men när vi talade om växtens eget syrebehov fick också Christian problem:

- Christian: Energi får dom från solen...å då kan den göra sitt eget socker och syre som nån människa sen andas ut å då blir det ju till koldioxid igen, det är ju fotosyntesen.
- I: Socker och syre sa du, kan socker och syre ge energi på nåt sätt?
- Christian: Socker och syre...syre, det gör ju växten, den omvandlar ju koldioxid till syre...och socker...sockret det behöver den ju själv men syret det andas vi ju in.
- I: Behöver växten själv syre?
- Christian: Det vet jag faktiskt inte så mycket om...jo, vänta lite nu...det är ju så här...den behöver ju på sätt å vis syre eftersom den producerar ju syre som nån andas in och å sen andas vi ju ut å då förvandlas det ju till koldioxid som växten behöver för att göra sitt eget socker.
- I: Men du tänker dej inte att växten behöver det där syret för egen del, att den behöver det själv?
- Christian: Det vet jag inte, jag tror inte det.

Christan sade att växten omvandlar koldioxid till syre. Jag tror att Christian här skulle vara hjälpt av att förstå vad koldioxid, syre och luft är och vad det *inte* är. Vid det skriftliga test som CAJSA genomförde i slutet av arbetsområdet "Ärtan" skrev Christian, som så många andra av CAJSAS elever, om fotosyntesen och cellandningen:

"Fotosyntesen är hur allting är beroende av varandra, hur allting går runt i ett kretslopp. Cellandning är fotosyntesen baklänges"

Calle som redan från början hade en mer komplex förståelse för detta område kunde med lite stöd från mig komma fram till lite mer angående fröets cellandning:



I: Du säger att glukosen är ett byggnadsmaterial?  
 Calle: Jaa  
 I: Det är riktigt...men nåt annat, det finns en grej till som händer med glukosen å som är anledningen till att fröet behöver luft, vad i luften är det fröet behöver?  
 Calle: Få se nu...jag blandar ihop alla nu...  
 I: Om jag säger att det är syre...vad gör fröet med syret?  
 Calle: Den cellandas  
 I: Vad är cellandning för nåt?  
 Calle: Fotosyntesen baklänges  
 I: Jo, det är det ju...men hur hänger syret och näringen ihop då?  
 Calle: Syret?  
 I: Du sa att det fanns socker här, vad har syret och sockret med cellandningen att göra?  
 Calle: Den tar in syre å så förbränner den glukos å så kommer det ut koldioxid och vatten.

Calle har, både denna gång och tidigare år, sett CAJSA beskriva fotosyntes och cellandning som en reaktionsformel med en dubbelriktad pil i mitten. Han kunde också vid den skriftliga testen precisera detta med teckningar av molekylmodeller, något som de arbetat med året innan. Vad andning generellt innebar verkade dock oklart för Calle:

I: Vet du varför du själv behöver syre?  
 Calle: Eh...det har jag faktiskt funderat på själv...men det vet jag faktiskt inte.

Calle visste att frön behövde syre för att gro, men han var osäker på växternas eget syrebehov, syret var en ”restprodukt” eller ”avfall” som han också sade:

I: Vad tillverkar växten i sin fotosyntes?  
 Calle: Syre och glukos, C sex H tolv O sex.  
 I: Behöver växten den där glukosen och syret till något?  
 Calle: Glukosen använder den ju till att bygga så att den själv blir större...  
 I: Mm  
 Calle: Å syret är bara en restprodukt  
 I: Använder den inget syre för egen del?  
 Calle: Jag vet faktiskt inte, vi har aldrig pratat om det, kanske cellandas?  
 I: Vad gör solen då?  
 Calle: Cajsa har pratat om det där, solen är byggmästaren och koldioxiden och vattnet är byggstenarna.

Calle kunde uttrycka att cellandning innebär att glukos förbränns tillsammans med syre och att koldioxid och vatten bildas, det har han hört CAJSA säga många gånger. Han var dock osäker på vad syret används till i hans egen kropp, liksom på om växter har något eget syrebehov och skilde sig därmed från exempelvis Annas eller Eriks mer generella sätt att se på cellandning i följande kategorier. CAJSA har inte i sin undervisning konstituerat variationsmönster för förbränning så som ANNIKA och EVA gjort. Calle började dock på grund av mina frågor undra om det kanske kan vara så att växter också behöver syre, hans förståelse för detta ligger inom räckhåll. Vad Calle förstod av det formelspråk han använde sig av ovan undersökte jag inte vidare. Jag vet att klassen tidigare år arbetat med atommodeller av modellera och papper och byggt modeller av de molekyler som ingår i fotosyntesen och cellandningen. Calle kunde också korrekter återge formlerna för dessa processer både med kemiska tecken och med molekylmodeller i det skriftliga test CAJSA genomförde efter undervisning. CAJSA är den lärare som lagt mest vikt vid just formelskrivning och hon motiverade detta för mig under stimulated recall intervjun: *”Dom förstår nog inte vad formlerna betyder riktigt men jag tror att om dom får använda dom så kan dom förstå dom senare”*. Jag tror att Calle kunde förstå att koldioxid och vatten sätts ihop till glukos och att glukosen i sin tur sätts ihop till delar i växten och att detta kan beskrivas med hjälp av formler. Vad cellandningens formel egentligen innebär torde däremot ha en mer oklar innebörd för Calle även om han kunde återge även cellandningen som att *”då förbränns sockret med syret och blir till koldioxid och vatten”*.

När CAJSA berättade för eleverna om experimentet van Helmont utförde på 1600-talet, gjorde hon på detta och andra sätt det möjligt för eleverna att förstå att byggnadsmaterialet kom från luften och vattnet, att de byggde socker och att sockret i sin tur var en byggsten i fortsatta byggen liksom att solen bidrog med energi till byggandet. Fotosyntesen fick därmed en innebörd via den fysiska referens som metaforen *”bygga”* erbjöd och *”orka bygga”* blev en naturlig metaforisk följd. Däremot blev det i CAJSAS undervisning svårt att urskilja att växter har ett eget syrebehov och att en del av sockret förbränns i en process som kallas cellandning och som förekommer i alla levande celler med ett fåtal undantag. För CAJSAS elever var cellandning något som främst gällde människor och djur och innebörden i begreppet var oklar.

När CAJSAS elever arbetade med den stationsuppgift som löd: "Beskriv ett kretslopp som innehåller koldioxid" och den som löd "Vad behöver växter för att tillverka socker?" var CAJSAS ambition att eleverna skulle förstå hur fotosyntesen och cellandningen utgör viktiga processer i kolets kretslopp. Men hon nöjde sig med att eleverna visste att "växter behöver koldioxid och människor och djur syre" och bekräftade denna "utbytestanke" vid många tillfällen hos eleverna.

Jag talade med CAJSA om detta vid stimulated recall intervjun:

- I: Vad tänkte du på när dom jobbade med den där kretsloppsfrågan?
- CAJSA: Jag ville ju att dom skulle tänka på fotosyntes och cellandning. På det kretsloppet. Men nåra hade ju bara ritat koldioxid in å syre ut från en växt men nåra hade kopplat samman det med en människa eller ett djur... å då blir det väl ett kretslopp, det får väl vara godkänt.
- I: Minns du vad jag sa om resultatet från dom inledande intervjuerna, det där om att "utbytestanken" var så vanlig?
- CAJSA: Jo, just det. Det är ju vanligt. Å det står ju i läroböckerna också. Men du tyckte inte om det riktigt?
- I: Jag kan väl inte säga att jag inte tycker om det men jag skulle vilja utvidga det...
- CAJSA: För att få med förbränningen?
- I: Jo, man missar ju att växten har ett eget syrebehov
- CAJSA: Jo, det var ju flera som hade ritat så där men jag korrigerade ju inte det, jag kunde inte börja med det tyckte jag.

CAJSA har helt rätt i att läromedlen på denna nivå inte för fram växters eget syrebehov eller cellandning. Cellandning är ett begrepp som jag vågar påstå ytterst få lärare i dessa tidiga skolår överhuvudtaget berör. Den text som CAJSAS elever, men inte ANNIKAS, arbetat mycket med beskriver på ett tydligt och bra sätt hur växter kan tillverka socker av koldioxid och vatten och hur detta socker i sin tur används som byggnadsmaterial till att bygga själva växten Syret som bildas i processen beskrivs som en gas som kommer ut genom klyvöppningarna och som används av människor och djur i deras andning utan närmare förklaring på vad andning egentligen innebär. Om CAJSAS målsättning varit att eleverna skulle se fotosyntesen på detta sätt och inte begärt någon djupare förståelse av cellens förbränningsprocesser så har CAJSA lyckats mycket väl. På samma sätt kan man säga att ANNIKA nedan lyckats med sin målsättning att eleverna skulle förstå

att *alla* celler har en förbränning medan hon satsat mindre på att föra fram att sockret också är ett byggnadsmaterial. CAJSA och ANNIKA har med andra ord olika avsedda lärandeobjekt gällande detta, iscensätter olika lärandeobjekt som sedan erfars på olika sätt av deras elever.

På liknande sätt som CAJSAS, talade DORIS elever om *”att bygga av koldioxid och vatten”* och *”att bygga av socker”*. De hade klart för sig att koldioxiden kommer från luften och vattnet från marken och att solen på något vis möjliggör själva *”bygget”*. På videofilmen upprepar DORIS vid flera tillfällen att *”växterna tar in koldioxid och släpper ut det dom inte behöver”*. Hon frågar vid sådana tillfällen: *”Vad är det växten släpper ut som den inte behöver men som vi behöver?”* och ger barnen positiv bekräftelse när de svarar *”syre”*. DORIS medgav vid stimulated recall intervjun att hon tyckte att detta med cellandning var svårt att förstå för hennes egen del och att hon inte berört denna process annat än i form av samma ärtförsök som BIRGIT genomförde. Följden blev att DORIS elever talade om detta på motsvarande sätt, frön behöver syre för att gro, okänt varför, och växter behöver koldioxid men inte syre. Disa kunde dock när jag påminde henne om ärtförsöket berätta att *”syret tog slut å det bildades koldioxid å tändstickan slocknade”* men detta hade för Disa inget samband med en förbränningsprocess i ärtan. De variationsmönster som kunnat hjälpa Disa att urskilja detta saknades i DORIS undervisning.

Tabell 8. Sammanfattning av kategori 2B.

Attribut (specifikt, generellt)	Kritiska aspekter	Invariants / varians
Socker används som byggnadsmaterial (s). Energi krävs för att utföra ett arbete (g).	Växter använder socker som byggnadsmaterial och solenergi krävs för deras byggnadsarbete.	Byggnadsmaterial / koldioxid + vatten, socker, byggstenar. Fotosyntesen /olika kontexter (repetition). Fotosyntesen / annat byggnadsarbete. Behov / växter-koldioxid, människor, djur-syre. Process / växter-fotosyntes, djur, människor-cellandning.

Om något ska byggas behövs ett byggnadsmaterial, detta är ett invariant faktum. Vad som utgör byggnadsmaterialet kan dock variera, det kan vara byggstenar men också, som i växters fall, koldioxid och vatten och sedan det socker som detta bildar. På samma sätt kräver alla former av byggnadsarbete energi som kan tillhandahållas på olika sätt, i fotosyntesen görs detta med solens hjälp. Undervisningen har också poängterat levande varelsers behov av gaser i luften och gasutbytet med omgivningen. Detta invarianta behov och utbyte har dock skildrats som om växter behöver koldioxid men inte syre, och människor syre men inte koldioxid. På motsvarande sätt har undervisningen kunnat ge bilden av att cellandning är en process som inte förekommer hos växter utan bara hos människor och djur.

***Kategori 3B: Växter och frön behöver syre till sin förbränning. Sockret är bränslet.***

Det specifika attributet om socker som byggnadsmaterial *byts* i denna kategori *ut* mot ett annat specifikt attribut som beskriver den andra av sockrets dubbla funktioner i växtcellen, sockret som bränsle. Detta innebär att denna kategori kan anses befinna sig på samma hierarkiska nivå som kategori 2B och att de bägge kategorierna inte inkluderar varandra.

Nytt specifikt attribut:

- *Socker används som bränsle i fröns och växters cellandning.*

Detta attribut är centralt för denna kategori, men det har också visat sig högradigt beroende av relationer till generella attribut för att få en särskild innebörd.

Fyra generella attribut som bidrar till denna innebörd har tillkommit i denna kategori:

- *Cellandning är cellens förbränning. Alla levande aeroba celler cellandas.*
- *För förbränning krävs syre och ett bränsle.*
- *Vid förbränning bildas koldioxid och vatten och energi frigörs.*
- *Luft är en gasblandning. Luft är inte detsamma som syre och inte detsamma som koldioxid.*

Attributet om att förbränning generellt alltid kräver syre och ett bränsle har här visat sig få särskilt central betydelse. De variationsmönster som konstituerats för detta attribut har gett en helt ny innebörd åt begreppet andning jämfört med i kategori 1B. Där var innebörden i ordet andning en transport av gaser liknande våra andetag och syre visserligen något livsnödvändigt för fröet men okänt varför. Det som händer här är att en *helt ny relation* uppstår mellan två av attributen som förekommit i tidigare kategorier. Att fröet behöver syre får i denna kategori ett samband med frövitans funktion och i och med detta får även dessa attribut en *ny mening* eftersom frövitans nu blir ett *bränsle* i fröets andning. Attributet om förbränningen ger möjligheter att konstituera variationsmönster, då bränslet kan varieras, liksom kontexten, medan syrebehovet vid alla former av förbränning förblir invariant. Här har också förmågan att skilja på gaserna syre, luft och koldioxid visat sig ha betydelse vilket också underlättat förståelsen för vad som blir förbränningens resultat; koldioxid och vatten.

De viktigaste kritiska aspekterna är att sockret som tillverkats i fotosyntesen används som bränsle i *alla* celler, även fröns och växters, cellandning och att syret behövs till den förbränning som cellandningen innebär.

### *Empiriska exempel för kategori 3B*

ANNIKA poängterade i sin undervisning ofta att frön och växter, liksom allt annat levande, har ett eget syrebehov och att syret behövs till förbränning eller cellandning. Detta var centralt i ANNIKAS avsedda lärandeobjekt och också något som hennes elever tydligt erfor. Cellandning omtalades med metaforen ”*att äta*”. Hon jämförde också olika typer av förbränning och placerade det generella begreppet förbränning i varierande kontexter, i människokroppen, i elden, i frön och växter. Hon jämförde också fröets näringsförråd, frövitans, med andra typer av näringslagring hos växter; som t ex morötter, lök, potatis mm. Allt detta konstituerade variationsmönster.

Så här sade ANNIKAS elev Anna om fröets förbränning:

I: Vad finns inuti ett frö?

Anna: Det finns anlag å så finns det frövitans där, det är dens matsäck...

I: Vad ska fröet ha matsäcken till?

Anna: För att kunna växa...när den har kommit ovanför jorden,

då kan den börja göra sin egen näring.

I: På vilket sätt gör fröet när den använder sin matsäck?

Anna: Den förbränner ju...när den får syre förbränner den, då äter den sitt glukos, sitt socker.

Anna som vid den inledande intervjun sade att växterna ”*fixar syre åt oss*” hade nu en mer utvecklad förståelse. Hon var nu medveten om att växterna själva också behöver syre för att förbränna sockret de tillverkat i fotosyntesen. När Anna i stimulated recall situationen hörde sig själv säga att växterna ger oss syre reagerade hon och sade spontant:

Anna: Då sa jag ju att växterna ger oss syre men det är ju inte så att dom bara ger oss syre, det är ju till dom själva också... för att kunna förbränna...

Följande samtal fördes mellan ANNIKA och hennes elever i en helklassituation:

ANNIKA: Vi har pratat om den här näringen som växterna gör med hjälp av koldioxid och vatten å solen som lyser å så händer det nånting inne i klorofyllet, det tillverkas nåt...? Martin?

Martin: Socker

ANNIKA: Å vi hade ett annat namn på det där sockret?

Martin: Glukos

ANNIKA: Mm...å vad ska växten ha det där sockret till? Karin?

Karin: Att äta

ANNIKA: Säger vi att växten äter? Vad brukar vi kalla det? Per?

Per: Förbränner

ANNIKA: Förbränner. Jag skriver det här på tavlan (börjar skriva fotosyntesens formel med ord på tavlan) Solljuset får vi förstås från solen, men varifrån kommer koldioxiden? Valter?

Valter: Luften

ANNIKA: Hur tar växten in koldioxiden då?

Valter: Genom bladen

ANNIKA: Kommer du ihåg vad det hette det där som fanns under bladen?

Valter: Klyvöppningar

ANNIKA: Mm...å vart tar växten in vatten Valter?

Valter: Rötterna

ANNIKA: Mm...å då blir det ju det fantastiska här att växten kan tillverka sin egen näring, socker och glukos som Martin sa, blir det nånting mer? Susann?

Susann: Syre

ANNIKA: Syre...å vad sa vi då att växten skulle ha den där näringen

- till? Axel?
- Axel: Att förbränna
- ANNIKA: Att förbränna den, varför det då? Marie?
- Marie: För att växa och leva
- ANNIKA: Att växa och leva ja...å vad kallar vi det? Anna?
- Anna: Cellandning
- ANNIKA: Nu skriver jag här...(fullbordar fotosyntesens formel på tavlan) När växterna förbränner näring eller vi förbränner näring eller djuren förbränner näring eller om vi eldar nånting t ex med ved eller kol, vad måste alltid finnas? Vad måste till för att det ska bli en förbränning? Sara?
- Sara: : Syre
- ANNIKA: Å det har ju växterna gjort själva. Dom tillverkar sitt socker å dom tillverkar sitt syre å sen använder dom det också. Å när dom förbränner det här sockret tillsammans med syret, vad bildas då? Sara?
- Sara: koldioxid, vatten och energi

ANNIKA beskrev ovan fotosyntesen skriftligt på tavlan men det hon *talade* med eleverna om var cellandningen och därmed skapades ett samband mellan dessa två processer. ANNIKA har i sin undervisning lagt vikt vid att poängtera alla levande organismers och cellers syrebehov och knutit detta till begreppet förbränning och cellandning, ovan talade ANNIKA till exempel om både människor, växter och djur. Hon skapade variationsmönster för detta via de generella attributen. I utdraget ovan varierade hon bränslet genom att exemplifiera med ved, kol, näring och socker och poängterade att syret behövs vid alla former av förbränning. Allt detta var hon väl medveten om och påpekade det också själv vid ett par tillfällen under stimulated recall intervjun. Jag hade ju också noterat hur hon under sin lektion jämförde frövitån med andra sätt att lagra näring hos växter. Därför frågade jag henne:

- I: Det här med att lagra näring, det tyckte jag var intressant, att du valde att ta med morot, lök och potatis, alltså andra sätt att lagra näring, varför gjorde du det valet?
- ANNIKA: Ja, för att visa att det finns näring i fröet men det kan ju också lagras i andra växter. Tvååriga å fleråriga växter kan lagra näring å är beredda, just skillnaden där, att dom är beredda att starta sitt liv igen. Jag ville markera det gentemot fröet...att lagra näring. Det går att koppla till cellandningen, dom där lökarna å morötterna, inte bara prata om fröet.



ANNIKA visade här medvetenhet om vikten av att ge olika exempel för att, som hon sade, ”markera”. Markeringen åstadkom hon i detta fall genom separation när näringslagringen som sådan hölls invariant och sätten att lagra varierades.

ANNIKA tillförde i sin undervisning exempel som belyste funktionen hos den tillverkade näringen och dess koppling till cellandning generellt. Näringen, ”maten”, omtalades också med andra ord som socker och glukos. Genom att jämföra olika typer av förbränning och ge exempel på olika typer av bränslen/näring och växters olika sätt att lagra bränsle/näring och genom att konsekvent peka på syrets roll i alla former av förbränning gav ANNIKA sina elever möjlighet att urskilja detta. Hon visar också på att metaforen ”att äta” är detsamma som förbränning och cellandning. Den metaforen uppstår som en naturlig begreppslik följd av den för fotosyntesen vanliga metaforen att växten ”gör sin egen mat”. Däremot noterade jag aldrig att hon berörde att glukos också är en ”byggsten” för allt som växter i huvudsak är uppbyggda av, vilket inte heller någon av hennes elever gjorde. ANNIKA sade under stimulated recall intervjun att hon funderat på ”hur klokt det är att berätta om hur växten bygger socker men sen fortsätter att bygga andra saker?”. ANNIKA har alltså stannat här. I sin undervisning har hon inte på samma sätt som CAJSA fört fram sockrets roll som byggnadsmaterial. Detta har inneburit att det inte heller varit nödvändigt föra fram att den energi som frigörs vid förbränningen kan utnyttjas till att ”bygga vidare” med sockret, det vill säga att växterna när de ”äter” får den energi som krävs för att arbeta vidare och ”orka bygga”. Attributet om att arbete kräver energi, blir därför inte framträdande. ANNIKA och hennes elever uttrycker i stället detta som att den energi som frigjordes vid cellandningen användes för att mer allmänt ”växa och leva”. ANNIKA har visserligen i sin undervisning lyft fram att koldioxid och vatten liksom energi bildas vid cellandningen men hon har stannat där, och attributet gällande detta får därför inte samma innebörd i denna kategori som detta får i kategori 4B som följer nedan.

FRIDA försökte få sina elever att förstå att glukos byggs upp vid fotosyntesen och bryts ner vid cellandningen och att även frön och växter cellandades. Hon ville också att eleverna skulle förstå att koldioxid och vatten bildades vid förbränningen av glukosen. Klassen hade också tidigare genomfört försöket med ärtorna i burken och eleverna visste att det då bildas koldioxid som släcker en tändsticka.

FRIDA hade i sin undervisning även betonat att ”*vatten väcker fröet*” en metafor som belyser vad som händer när frövilan bryts och fröet börjar gro. Detta med att vatten dels *krävs* för att cellandningen ska starta och fröet börja gro, dels *bildas* vid cellandningen, medförde en hel del komplikationer för FRIDA och hennes elever. Fia och hennes kamrater förde ett långt samtal med FRIDA om detta, ett samtal där eleverna talade om ett attribut, vattnet som väcker fröet, medan deras lärare om ett annat, vattnet som bildas vid cellandningen. Detta är ett tydligt exempel på vad som händer när elever och lärare inte möts i ett gemensamt objekt utan har olika fokus och talar om olika attribut hos lärandeobjektet. Vattnet som väcker fröet ur sin frövila var en grund som FRIDA tog för given vara gemensam. För eleverna utgjorde denna grund i stället figur. Därför var det inte lika enkelt för FRIDA att få eleverna med sig på en vandring mellan attributen som det var för DORIS i hennes samtal med Hanna och Ingrid om befruktningen och embryot i kategori 2A. FRIDA och hennes elever befann sig metaforiskt uttryckt på olika ställen i lärandeobjektets landskap utan att själva vara medvetna om detta. FRIDA förstod dock till sist vad som var problemet och kunde också klara ut det med eleverna på ett bra sätt.

Fia och jag samtalade senare om både fotosyntes och cellandning vid den avslutande intervjun. Inledningsvis sade hon sig inte kunna berätta något alls om vad cellandning innebar, men jag lade märke till att Fia var osäker och misstänkte att hon kunde mer än hon vågade försöka uttrycka. Därför påminde jag henne om ärtförsöket och då visade det sig att hon visste att det bildas koldioxid och vatten när ärtorna i burken andas. Därefter talade jag en stund om förbränningen i en eld och i en människas kropp. Efter det gjorde vi så ett nytt försök:

I: Vad tror du händer i fröet då? I fröets cellandning?

Fia: (Skrattar) ...den förbränner sin matsäck å så blir det koldioxid och vatten!

I: Vad behöver den syret till då?

Fia: För att förbränna!

I: Är det här ny kunskap för dej?

Fia: Nää...men jag kommer inte ihåg det.

Fia har hört alltihop förut men för att hon ska kunna ge mig ett svar behövde hon stöd, ett stöd som bestod i att hon fick hjälp att komma ihåg sina tidigare erfarenheter. Då urskiljde hon de aspekter jag efterfrågade.

Tabell 9 sammanfattar de viktigaste kritiska aspekterna och iscensatta variationsmönstren i denna kategori.

Tabell 9. Sammanfattning av kategori 3B.

Attribut (specifikt, generellt)	Kritiska aspekter	Invariants / varians
Sockret används som bränsle (g). Cellandning är förbränning (g). Alla aeroba celler cellandas (g). Förbränning kräver syre och bränsle (g). Vid förbränning frigörs koldioxid och vatten, energi frigörs (g). Luft är en gasblandning av syre, kväve och koldioxid(g).	Frön och växter använder både sockret och syret i sin egen förbränning.	Förbränning / cellandning, att äta. Cellandning / växters och andra livsformers cellandning. Bränslen / ved, kol, mat, socker. Förbränningen / olika kontexter: elden, komposten, cellen. Näringslagring / lök, rotknölar, frövit, matsäck. Syre / olika former av förbränning: cellandning, elden.

Genom att tala om cellandning och ätande som varianter av förbränning och genom att koppla detta till alla levande varelsers behov har innebörden av begreppet cellandning blivit mer generell. Syret och bränslet som något invariant och nödvändigt hos alla former av förbränning har lyfts fram genom att variera dels förbränningens kontext, dels de olika formerna av bränslen.

***Kategori 4B: Sockret används både som bränsle och byggnads-material. Växter kan sedan i sin tur ge bränsle och byggnads-material till djur och människor och därmed går energin och materian vidare i näringskedjorna.***

Kategori 4B representerar det mest komplexa sättet att förstå hur frön och plantor växer som identifierats. Ett helt nytt, och i datamaterialet sparsamt förekommande, specifikt attribut träder nu fram och ska fogas till attributen för föregående kategorier. Kategorin står i hierarkisk mening ovanför såväl kategori 2B som 3B och inkluderar dem bägge.

Nytt specifikt attribut:

- *I fotosyntesen omvandlas solenergi till kemisk energi.*

Detta attribut har en särskild karaktär då det kan sägas vara mer generellt än tidigare specifika attribut. Detta i betydelsen av att attributet bildar en viktig övergång till den generella och mycket centrala ekologiska insikt som under alla år funnits med som innehållslig målsättning i samarbetet mellan mig och lärarna och som utgör det sista generella attributet som tillkommer i detta tema:

- *Materian rör sig i kretslopp och energin flödar genom ekosystemen.*

De viktigaste kritiska aspekterna för denna kategori är dels insikten om att sockret används som *både* byggnadsmaterial och bränsle, dels insikten om att växternas fotosyntes gör solenergin tillgänglig för allt annat levande. Detta möjliggör en ingång till förståelse för materians kretslopp och energins flöden.

#### *Empiriska exempel för kategori 4B*

EVAS elever är de som tydligast uppvisar insikter om att druvsocker kan användas *både* som byggnadsmaterial och som bränsle i cellandningen. EVA använder metaforerna "*fröet (eller växten) äter*" för cellandning där druvsockret är "*maten*" samt "*växten bygger sin mat och sig själv*" och druvsocker som en "*byggsten*" när hon talar om fotosyntes. För EVAS elever är det tydligt att fröet innehåller såväl sådant som embryot kan "*äta*" och sådant som embryot "*kan bygga av*".

Emil berättade livfullt om den "*matsäck som Mamma Ärt*" packat åt fröet och förband i samband med detta sockrets bägge funktioner med varandra:

Emil: Dom bygger av den! Det finns å köpa sånt som dom bygger av...vad var det nu, eh?

I: Druvsocker?

Emil: Ja, druvsocker! Dom bygger roten av druvsockret. Det går att äta, vi ska köpa det till klassen.

I: Behöver fröet nåt syre då?

Emil: Joo, dom behöver det när dom ska växa, det kallas att cellandas

I: Har fröet nån förbränning då?

Emil: Joo, det kan förbränna sin matsäck

Erik kunde också berätta för mig att precis som ved behöver syre för att brinna så behöver fröet det för att sockret i frövitarna ska brinna. Förbränning är också något jag vet att EVA och hennes elever arbetat med tidigare, syre och bränsle som förutsättningar för förbränning var därför inte något nytt för Erik. Han sade också att "*Fröet förbränner ju som vilka andra som helst!*". Vi talade om växters förbränning också, och även om Erik ibland behöver lite stöttning uppvisade han en för nioåringar ovanligt komplex förståelse:

- I: Behöver den här växten nåt syre då?  
Erik: Joo! Men dom kan ju göra sin egen energi... vad hette det nu?  
I: Fotosyntesen?  
Erik: Ja, det kan inte nåt annat på jorden än växter göra, vi kan inte gå ut i solen å ställa oss å säga att nu ska jag bli mätt och fet!  
I: Nä, det kan vi inte! Cellandas växter?  
Erik: Jo, dom kan göra både och...  
I: Både fotosyntes och cellandning?  
Erik: Joo  
I: Kan du säga nån viktig skillnad mellan fotosyntes och cellandning?  
Erik: För att man ska kunna cellandas behövs det syre å det behövs det inte för fotosyntes.  
I: Vad är det som behövs för fotosyntesen då?  
Erik: Solljus...å vatten.  
I: Behövs det nåt från luften?  
Erik: Jo, koldioxid.  
I: Vad gör växten med koldioxid och vatten?  
Erik: Bygger druvsocker  
I: Å vad använder den druvsockret till?  
Erik: Använder det som byggstenar

Erik visade hur även han urskiljer sockrets dubbla funktion. Han berörde med metaforen om att vi människor inte kan bli mätta av solljus, också det han redan vid den inledande intervjun sagt om att växterna omvandlar solenergin till en *annan sorts energi* och jag fortsatte därför:

- I: Om nu växterna bygger upp sej själva med druvsocker, vad gör vi med växterna då?  
Erik: Dom flesta växter gör vi inge med, bara dom i trädgård å lite sånt, dom i skogen dom använder sej själva...  
I: Men om vi äter växter då, om vi äter makaroner?  
Erik: Då äter vi från växter  
I: Å om dom inte hade glukos som byggsten då skulle vi inte haft nån mat å äta, har du tänkt på det?  
Erik: Näå, men nu har jag börjat tänka på det, å djuren äter växter å då

får vi ju kött!

Här tycker jag Erik visade hur han själv upptäckte att mina frågor fick honom att tänka vidare; att det av växterna tillverkade druvsockret kommer människor och djur till del via näringskedjor. EVAS undervisning speglades i det hennes elever sade. Följande samtal filmade jag när EVA samlat sin klass runt sig i en ring på golvet. Hon har ett antal ärtor i olika utvecklingsstadiet framför sig som illustration och har just kommit fram till en liten ärt som har fått ett par blad:

- EVA: Vad har hänt med den här nu då?  
Gustaf: Den har börjat tillverka sin egen mat  
EVA: På vilket sätt tillverkarkar den sin egen mat? Maria?  
Maria: Den tar in vatten å så tar den in solljus å så tar den koldioxiden...  
EVA: Hur kommer koldioxiden in?  
Maria: Genom bladen  
EVA: Å vattnet?  
Lars: Genom rötterna  
EVA: Å solljuset?  
Elever: Uppifrån! (skratt)  
EVA: Jaa, från solen, fiffigt va! Hur var det nu...(håller upp en ärt som bara precis börjat gro) ...den här hade ju cellandning *bara*, den hade inte fått igång nån fotosyntes än.  
Elever: Näää  
EVA: Å sen då, hur var det med den här? Mattias?  
Mattias: Den har börjat tillverka sin egen mat  
EVA: Den har börjat tillverka sin egen mat, men har den nån cellandning då?  
Elever: Jaaa!  
Stefan: På natten!  
EVA: Den gör det hela tiden...men på natten är det bara cellandning. Vad var det cellandning var för nåt?  
Mattias: Det är när den förbränner sakerna  
EVA: Kommer nån ihåg vad det hette?  
Malin: Byggstenarna  
EVA: Ja byggstenarna ja, som den kan bygga med sen...vad var det dom hette som dom byggde i fotosyntesen? Johanna?  
Johanna: Druvsocker  
EVA: Ja dom byggde druvsocker.

EVA lyfter ovan fram både skillnaderna och sambanden mellan fotosyntesen och cellandningen liksom att sockret som tillverkas används som både byggnadsmaterial och bränsle. För Emelie verkade det dock där med att "växter cellandas *på natten*" ha varit det som hon lagt på minnet för det enda hon kunde säga om cellandning under den

avslutande intervjun var: *"cellandning det gör dom på natten när dom vilar sej"*, men hon kunde inte förklara vad cellandning innebar i termer av förbränning. På frågan om växter cellandas på dagen svarade Emelie. *"Nej, då har dom ju solljus!"*. Emelie verkade förstå det EVA sagt om att *"på natten har växter bara cellandning"* som att *"cellandningen bara sker på natten"* och överförde också sina egna erfarenheter av nattlig vila till något som gällde även växter. För Emelie var fotosyntes det som hände när växter *"gjorde sin mat"* och cellandning var *"när dom åt upp maten"*. Emelie hade uppenbarligen erfarit undervisningen på ett annat sätt än Erik och hennes utsagor hör snarare hemma i kategori 1B.

EVA beskrev cellandningen som det som händer när växten eller fröet *"äter"* och *"att äta"* var detsamma som att förbränna, *"vi människor äter mat, vi förbränner"* sade EVA också. Fotosyntesen var när växter *"tillverkar sin mat"* av koldioxid och vatten med hjälp av solen. Det som tillverkas är druvsocker, en *"byggsten"* som förutom att vara *"mat"* också kan användas att *"bygga med"*.

EVA och jag talade om detta under stimulated recall intervjun:

I: Hur föreställer dom sej cellandningen då, om det är att "äta upp maten"?

EVA: Det är som vi, vi äter mat å därför har vi cellandning. Vi producerar ingen egen mat. Men från början förstod dom inte, dom trodde det var antingen eller, antingen fotosyntes eller cellandning, att den inte behövde cellandning om den hade fotosyntes. Dom tänkte inte på att det var samtidigt.

I: Men vad föreställer dom sej händer med den kantiga sockermolekylen då?

EVA: Den går sönder...det är så jag har beskrivit det. Den går sönder i det ena skedet å byggs upp i det andra...

I: Kan dom förstå att när den går sönder blir den koldioxid och vatten igen? Tillsammans med syre?

EVA: Dom vet att det blir koldioxid, dom sa att det var precis som i en läskflaska när det pös ur den där ärtburken, å dom vet att vi andas ut koldioxid...men jag tror inte vatten. Jag tror att dom tror att det blir koldioxid och energi av det.

När EVA sade att druvsockermolekylen *"byggs upp i det ena skedet"* och *"går sönder i det andra"* och att det är *samtidigt* så är det just fusionen mellan attributet om sockret som byggnadsmaterial och sockret som bränsle hon beskriver.

EVA berättade också för mig under stimulated recall intervjun att hon försökte ta tillvara alla tillfällen att tala om de ekologiska sammanhangen som till exempel att växterna är dom enda producenterna och att de tillverkar vår mat. Hon beskrev hur hon har jämfört en eld som brinner med förbränningen i skolans kompost och att det behövs syre vid all förbränning. EVA hade också tidigare under vårt samarbete (Vikström, 2002) visat hur hon skapar variation genom att belysa samma fenomen i olika sammanhang, i klassrummet, i skolträdgården och i skogen. Hon berättar också under stimulated recall intervjun att hon är medveten om betydelsen av att kunna skilja olika gaser från varandra:

EVA: Vi har pratat om luft, att luft innehåller många olika saker...syre, pyttelite koldioxid...för många tror det är jättemycket. Att luft inte är bara det vi andas utan många olika saker. Från början sa dom bara "vi andas luft" vi människor...å det gör vi ju men det är syret i luften vi behöver. Å likadant är det med växten, att när den andas behöver den syret och i fotosyntesen behöver den koldioxiden, därför säger jag att båda är luft...men vilken sorts luft behöver man?

EVAS elever visade också att de klarade att skilja på gaserna ifråga. Erik kunde också berätta för mig om vilka atomer som, "*rent vetenskapligt*" som han själv uttryckte det, ingick i syre, vatten respektive koldioxid När Emil fick frågan av mig: "*vad menar du nu med luft?*" så svarade han utan att tveka "*syre*" i ett samtal om växtens egen andning. Detta att jämföra med de elever som sade att "*Växter andas koldioxid men vi andas syre*". Utbytestanken bekräftas alltså inte i EVAS undervisning.

Emil är bara sju år, han har inte som nioårige Erik ovan arbetat så mycket med detta i skolan förut, men han visste också att "*druvsocker använder dom för att bygga med men dom måste också äta lite av det för att orka bygga*" Detta kan jämföras med Camillas sätt att tala om vad växter behöver för att "*orka bygga*" i det empiriska exemplet från kategori 2B. Camilla såg enbart solen som energikälla till byggandet medan Emil ser även cellandningen som något som ger energi till växters byggarbete.

I tabell 10 sammanfattas det erfarna lärandeobjektets kritiska aspekter och kan jämföras med exempel på variationsmönster i den iscensatta undervisningen.



Tabell 10. Sammanfattning av kategori 4B.

Attribut (specifikt, generellt)	Kritiska aspekter	Invarians / varians
I fotosyntesen omvandlas solenergi till kemisk energi (s) Materialen rör sig i kretslopp och energin flödar i ekosystemen (g)	Växter använder sockret som både bränsle och byggnadsmaterial. Syret behövs till förbränning. Genom näringskedjor får även andra tillgång till detta.	Bränsle / socker, ved, mat, kompost. Byggnadsmaterial / koldioxid + vatten, socker, byggstenar. Förbränning / olika kontexter: cellen, eld, kompost. Syre / olika sorters förbränning. Luft / syre, koldioxid. Cellandning / frön, växter, människor, djur. Fotosyntes / annat byggnadsarbete.

I denna kategori har variationsmönster för *både* sockret som bränsle och sockret som byggnadsmaterial konstituerats. Variationsmönster för dessa bägge attribut har formats på liknande sätt som i kategori 2B och 3B men de bägge attributen om sockrets funktion har nu genom sin fusion med varandra erbjudit möjligheten för eleverna att se hur växters fotosyntes utgör basen för alla varelsers försörjning. Växters byggarbete resulterar i något för andra ätbart som kan förbrännas med syret.

### **Sammanfattning och diskussion av Tema B "Fröet och plantan växer".**

Tema B "Fröet och plantan växer" berör huvudsakligen två mycket komplexa och abstrakta processer, fotosyntes och cellandning. Dessa processer kräver insikter om ett flertal generella naturvetenskapliga begrepp för att en komplex förståelse ska uppnås. Temat berör i ett vidare perspektiv också mer än bara fröväxters livscykel. Lärandeobjektet utgörs i detta tema även av ekologisk förståelse. Detta i betydelsen av att fotosyntes och cellandning är de processer som formar de viktigaste kretsloppen och energiflödena i ekosystemen. Ekologisk förståelse kan därför ses som ett övergripande lärandeobjekt i den kontext som fröväxters livscykel utgjort.

Vad har då resultatet från tema B tillfört svaret på forskningsfrågan? Resultatet visar att även mycket unga elever mellan sju och tolv år via undervisning kan utveckla sin förmåga att på ett meningsfullt sätt samtala om dessa abstrakta naturvetenskapliga processer. De gemensamma kunskaperna visar att undervisningen hjälpt eleverna till insikter som jag vågar påstå att få elever i dessa åldrar besitter. Detta är ett av skälen till att föra fram just dessa *gemensamma* kunskaper och att inte bara betrakta detta som en kategori bland andra. Jag tror inte någon av dessa elever skulle säga något i stil med att växter får sin föda från jorden. Alla känner till att växter tillverkar socker av koldioxid och vatten i fotosyntesen, de vet var koldioxiden kommer ifrån och hur den kommer in i växten och de vet att växten använder detta socker även för egen del. Detta kan jämföras med den tidigare forskning och de utvärderingar jag refererat till i kapitel 2 (exempelvis Andersson, 2000; Andersson m.fl. 2004; Driver m.fl. 1994) och vad detta visat om elevers problem när det gäller detta. Därmed inte sagt att dessa kunskaper kommer att vara något för all framtid beständigt hos dessa elever. Även i detta tema kännetecknas de gemensamma kunskaperna av attribut som är specifika för lärandeobjektet och när innebörden hos dessa attribut utvecklats har detta skett via införandet av generella attribut och de variationsmönster som då kunnat konstitueras.

De gemensamma kunskaperna har kunnat utvecklas vidare på olika sätt. Den variation jag här valt att fokusera handlar om förståelsen för funktionen hos sockret och syret som bildas i fotosyntesen. Alla elever uttryckte att växter tillverkade socker för sitt eget behov men de kunde ha olika sätt att se på vad sockret egentligen användes till i växten. På samma sätt uttryckte alla elever att frön behövde syre för att gro, men bara de elever som erbjudits variationsmönster kopplat till det generella attributet om förbränning kunde exempelvis beskriva att frövitarna skulle förbrännas och att det var därför syret var nödvändigt. Dessa elever kände också till att växter förbränner socker och därför har ett eget syrebehov. Den grupp elever vars lärare fört fram sockret som byggnadsmaterial men inte som bränsle, talade också på motsvarande sätt om sockrets funktion, och enbart de elever som erbjudits möjligheter att förstå bägge dessa funktioner uttryckte förståelse för detta.

Tabell 11 sammanfattar de viktigaste iscensatta variationsmönstren i de sex lärarnas undervisning, och hur detta kan relateras till kategorier av förståelse i elevernas utsagor.

*Tabell 11. Sammanfattning av relationen undervisning—lärande i Tema B.*

Lärare	Invarians / varians	Kategorier
ANNIKA	Groning / olika förhållanden. Fotosyntesen / tillverka socker, näring, mat. Fotosyntesen / olika kontexter (repetition). Näringslagring / frövit, rötter, lökar, matsäck. Cellandning / olika livsformer. Cellandning / förbränning, att äta. Bränsle / socker, ved, näring, mat. Förbränning / kontexter. Syre / olika förbränning.	3B (socker som bränsle)
BIRGIT	Groning / olika förhållanden. Fotosyntesen / tillverka socker, näring, mat. Fotosyntesen / olika kontexter (repetition). Andning / livsformer (livsnödvändigt).	1B (oklar funktion hos socker och syre)
CAJSA	Groning / olika förhållanden. Fotosyntesen / tillverka socker, näring, mat. Fotosyntesen / olika kontexter. Byggnadsmaterial / koldioxid + vatten, socker, byggstenar. Fotosyntesen / annat byggarbete. Process / växter-fotosyntes, människor, djur-cellandning.	2B (socker som byggnadsmaterial) 3B (socker som bränsle)
DORIS	Groning / olika förhållanden. Fotosyntesen / tillverka socker, näring, mat. Fotosyntesen / olika kontexter. Byggnadsmaterial / koldioxid + vatten, socker, byggstenar. Behov / växter-koldioxid, Människor, djur-syre.	1B (oklar funktion) 2B (socker som byggnadsmaterial)

EVA	<p>Groning / olika förhållanden.</p> <p>Fotosyntesen / tillverka socker, bygga glukos, näring, mat.</p> <p>Fotosyntesen / olika kontexter (repetition).</p> <p>Fotosyntesen / annat byggarbete.</p> <p>Byggnadsmaterial / koldioxid + vatten, socker, byggstenar.</p> <p>Cellandning / olika livsformer.</p> <p>Cellandning / förbränning, bryta ner glukos, att äta.</p> <p>Bränsle / socker, ved, mat.</p> <p>Förbränning / kontexter.</p> <p>Syre / olika förbränning.</p>	<p>1B (oklar funktion)</p> <p>4B (socker som både bränsle och byggnadsmaterial)</p>
FRIDA	<p>Groning / olika förhållanden.</p> <p>Fotosyntesen / tillverka socker, bygga upp glukos, näring, mat.</p> <p>Fotosyntesen / olika kontexter.</p> <p>Förbränning / cellandning, bryta ner glukos.</p> <p>Bränsle / socker, ved, mat.</p>	<p>1B (oklar funktion)</p> <p>3B (socker som bränsle)</p>

Likheterna mellan de sex lärarna, som exempelvis att de alla arbetat med fotosyntesen tidigare i olika kontexter, och att de alla då talat om den på ett likartat sätt, är en viktig del av förklaringen till elevernas gemensamma kunskaper. De har alla sex betonat vad växter tillverkar socker av, hur vatten och koldioxid kommer in i bladen samt att sockret utgör någon form av föda för växten själv. En annan del av förklaringen är de likartade odlingsförsök som alla sex lärarna genomförde.

Sättet att behandla sockrets funktion på skilde sig dock åt. ANNIKA, FRIDA och EVA förde alla fram sockret som *bränsle* och deras elever fick möjlighet att urskilja detta tack vare variationsmönster som konstituerats i relation till det generella attributet om förbränning som något som kräver syre och ett bränsle. Flertalet utgör som jag fick från deras elever uttryckte också en förståelse för detta, även om exempelvis Fia behövde lite stöttning via min jämförelse med en eld som brinner. Jag vill dock hävda, att om inte Fia i FRIDAS undervisning fått möjligheten att se likheten mellan elden och cellandningen hade min jämförelse under intervjun inte varit till någon

hjälp. Ingen utsaga från vare sig BIRGITS eller DORIS elever uttryckte någon förståelse för detta. BIRGIT och DORIS försökte båda föra fram fröets cellandning med hjälp av försöket med ärtorna, men ingen av dem erbjöd variationsmönster i relation till attributet om förbränning på det sätt som ANNIKA eller EVA gjorde. BIRGITS metaforer erbjöd heller inga variationsmönster, utan ledde fram till cirkelresonemang hos hennes elever. CAJSA och DORIS gjorde sockret som *byggnadsmaterial* och fotosyntesen som ett byggnadsarbete tydligt för sina elever vilket också visade sig i elevernas utsagor. De angrep sambandet mellan fotosyntesen och cellandningen på ett helt annat sätt än EVA eller ANNIKA. Medan EVA och ANNIKA lyfte fram *sambandet* mellan processerna genom att peka på förbränningen hos både växter och djur, gjorde CAJSA och DORIS snarare det motsatta, och lyfte fram dessa processer som *motsatser*. Calle kände till att socker förbrändes med syre i cellandningen, en utsaga som kan hänföras till kategori 3B, men han var osäker på växters andning liksom på vad syre användes till i hans egen kropp. Detta som en följd av att CAJSAS undervisning inte konstituerat de variationsmönster för förbränning som kunnat ge Calle möjligheten till en mer generell förståelse av cellandningen och en fusion mellan de bägge attributen om sockrets funktion. EVA är den enda som åstadkommit variationsmönster för *både* socker som bränsle och socker som byggnadsmaterial, och det är också endast från EVAS elever som utsagor kommit som uttrycker förståelse för detta.

Undervisningen har alltså skapat variationsmönster som gjort skilda kritiska aspekter hos lärandeobjektet möjliga att urskilja för eleverna. Sambandet lärande och möjlighet till lärande framstår tydligt och eleverna kan uttrycka insikter ovanliga för elever i dessa åldersgrupper. Åldern har tvärtom visat sig ha underordnad betydelse, EVAS elever är de yngsta, men uttrycker den förståelse som definierar den högsta kategorin. I denna studie har sjuåringar visat på insikter om att mat kan användas som både byggnadsmaterial och energikälla vilket enligt exempelvis Driver m. fl. (1994) är sällsynt även hos betydligt äldre elever. I ett vidare ekologiskt perspektiv handlar allt detta i slutänden om att utveckla förståelse för begreppen netto- och bruttoproduktion i ekosystemen. Det handlar också om det strävansmål i biologiämnets kursplan som säger att eleverna skall "*utveckla kunskap om organismernas samspel med varandra och med sin omgivning*".

## Förståelsen för cellandningen

Det går att *tala om* för elever att även frön och växter andas och elever kan därefter upprepa detta utan att för den skull ha fått ett nytt sätt att se på vad andning egentligen innebär. Här har förbränning som generellt naturvetenskapligt begrepp utgjort ett attribut som i undervisningen visat sig vara särskilt centralt för att andningsbegreppet skulle få en ny innebörd för eleverna. Förbränning förekommer i många kontexter; i människokroppens celler, i en motor, i en öppen eld och hos bakterier i en kompost. Alla dessa förbränningsprocesser kräver syre, syret är med andra ord invariant. Invariant är också det som bildas och frigörs vid förbränningen, koldioxid, vatten och energi. All förbränning kräver också ett bränsle, men bränslet kan variera; mat, bensin, ved eller komposterbart avfall till exempel. Undervisning har möjliggjort urskiljandet av hur helheten (förbränning) relaterar till kontext (cellen) liksom urskiljandet av delarna (syre + bränsle). Allt detta har påverkat förståelsen för att andningen är en form av förbränning som hos växter och frön på cellnivån inte nämnvärt skiljer sig från andra aeroba organismers andning.

Många konkreta erfarenheter och experiment som förekommit i undervisningen har kunnat erbjuda eleverna variationsmönster som gav en form av "direkt" förståelse. Detta gällde exempelvis frösamlingen och de odlingsförsök som visade att värme är nödvändigt för att ett frö ska gro och att ljus är en förutsättning för klorofyllbildningen. Variationsmönster och fysisk referens som gav möjlighet till förståelse för cellandningen i denna direkta form kunde dock inte skapas för försöket med de fuktade ärtorna i den stängda burken. Eleverna kunde visserligen iaktta att en brinnande tändsticka slocknade när locket öppnades, men i vilken grad detta försök ledde till förståelse för ärtornas andning varierade kraftigt. Då försöket genomfördes utan koppling till generella attribut om förbränning och variationsmönster genom detta erbjöds dem, tolkades det av eleverna som att "*ärtor andas, syret tar slut, tändstickan slocknar för att det bildas koldioxid*". Ingen insikt fanns då om att koldioxiden bildades vid ärtornas förbränning av socker. Detta är ett exempel på hur ett i sig utmärkt experiment kan få helt olika innebörd beroende på hur det behandlas i undervisningen. Det eleverna får möjlighet att urskilja via detta experiment avgörs alltså av de variationsmönster och de relationer som kan skapas mellan lärandeobjektets olika attribut. Detta

konstitueras i den språkliga interaktionen mellan elever och lärare och *vad* som sägs blir avgörande för vad eleverna har möjlighet att lära sig av experimentet och därmed för den innebörd de lägger i begreppet andning.

Lakoff & Johnson (1980; 1999) skriver att metaforer kan ge oss en partiell förståelse av något, aldrig en fullständig. Den systematik som gör det möjligt för oss att förstå ett begrepp i termer av ett annat, kommer enligt Lakoff & Johnson att med nödvändighet gömma andra aspekter av begreppet. Genom att fokusera på en aspekt hos ett begrepp kan ett metaforiskt begrepp då hindra oss från att fokusera på ett annat begrepp som är oförenligt med det första. Metaforen "*frön andas precis som vi*" med sina följdmetaforer "*att kvävas*" och "*att drunkna*" tror jag kan vara svåra att förena med en annan för cellandningen använd metafor; "*att äta*". Eleverna har helt olika erfarenheter av dessa fenomen som kan ge dem helt olika associationer. De associationer som väcks av metaforen "*att äta*" som partiell beskrivning av andningsbegreppet har i denna studie visat sig vara mer värdefulla för att utveckla en generell förståelse för cellandningen. Metaforer som att "*frön andas precis som vi*" har däremot inte medfört någon utveckling av förståelsen i den bemärkelsen. Cellandning som begrepp kan också för eleverna ha en fysisk referens till den egna andningen som snarare begränsar än underlättar förståelsen. Det handlar då enbart om något som i gasform transporteras ut och in ur kroppen, växten eller fröet. Detta har visat sig leda till ett cirkelresonemang som inte berör syrets verkliga funktion i cellen.

Tidigare forskning har visat att det är sällsynt att elever uppfattar att växter har en egen metabolism (se t ex Driver m.fl., 1994) och NU-03 (Andersson m.fl., 2004) visade på stora brister i elevers förståelse av vad inandningsluften hos människor egentligen skall användas till. Många av eleverna i denna studie har visat på insikter om att växter har behov av en egen förbränning. De visar också på insikter om att detta gäller även annat levande liksom att syret i luften är nödvändigt för förbränningen av bränslet i cellerna hos såväl människor som växter. Jag tror också att de härigenom har fått ökade möjligheter att förstå vad som händer när bakterier och svampar bryter ner en kompost och att komposten via förbränningsprocesser bokstavligen går upp "i rök" i form av koldioxid och vatten.

## Förståelsen för fotosyntesen

Metaforer har, liksom för cellandningen, haft en avgörande betydelse för hur variationsmönster konstituerats som gett möjlighet att förstå fotosyntesen. Behovet av byggnadsmaterial är invariant vid alla former av byggande. Detta kan bestå av koldioxid och vatten, men också av socker eller av någon sorts byggstenar som vid våra mänskliga byggen. Växter kan alltså tillverka eller "bygga" sin egen "mat" av koldioxid från luften och vatten från marken. "Byggandet" innebär att koldioxiden och vattnet "sätts ihop" till socker. Detta tillhörde elevernas gemensamma kunskaper liksom att solljus är nödvändigt, men vad solljuset används till kräver relationer till exempelvis det generella attributet att arbete kräver energi som åstadkommit genom metaforen "energi till att orka bygga socker". Sockret i sin tur utgör en "byggsten" för fortsatt byggande. Metaforerna "byggsten" och "att bygga" har gett metaforiska följdbegrepp som "att orka bygga". Arbete kräver energi vare sig detta gäller förflyttandet av tegelstenar i ett husbygge eller kolatomer i fotosyntesen. Metaforerna som använts av lärarna har här kunnat ge eleverna en fysisk referens grundad i elevernas egna erfarenheter, "att bygga" kan vara jobbigt och något man måste ha energi för "att orka". Dessa metaforer har alltså visat sig ha betydelse för elevernas uppfattningar om solens roll i fotosyntesen och för uppfattningar rörande vad den i cellandningen frigjorda energin används till. När detta inte tydliggjorts för eleverna, har det kunnat leda till utsagor av typen "sockret är gjort av koldioxid, vatten och solljus".

Den för beskrivning av fotosyntesen använda metaforen "göra sin egen mat" kunde också lätt överföras till fröet och dess frövita när denna omtalades som en "matsäck packad av mamma Ärta". "Matsäcken" blev därmed också något som kunde "ta slut" eftersom maten kan "ätas upp". Fotosyntesmetaforen "göra sin egen mat" följdes alltså av ett helt metaforiskt begreppssystem kopplat till detta, metaforer som gav eleverna möjligheten att koppla dessa abstrakta processer till sina egna erfarenheter (Lakoff & Johnson, *ibid.*). Variationsmönster för hur en "matsäck" kunde se ut gavs via exempel på olika former av näringslagring hos växter. "Cellandningen är fotosyntesen baklänges" är ett uttryck som också förekommit i undervisningen. Detta uttryck har använts i ett gott syfte att öka förståelsen för fotosyntesen och cellandningens betydelse för materians kretslopp, men utan relationen till generella attribut om



cellandning och förbränning verkar innebörden i detta uttryck bli oklar för eleverna. Noteras kan att lärarna då de använde sig av metaforer för att beskriva abstrakta processer, i allmänhet *samtidigt* benämnde processen med det naturvetenskapliga språkbruk som metaforen relaterade till. "*Cellandningen det är när embryot äter*" och "*det växten gör när den tillverkar sin mat kallas för fotosyntes*" är exempel på två för lärarna vanliga förekommande sätt att uttrycka sig. Genom detta blev metaforerna också delar av de variationsmönster som konstituerades.

Som nämnts i kapitel 2, har tidigare forskning visat att fotosyntesen kan förstås på många olika sätt. Av särskilt intresse för denna studie är Carlssons (2002) studie av hur elever i skolår sex förstår fotosyntesen, Där identifierades fyra nivåer av förståelse: Nivå 1 som en process av produktion och konsumtion, något som ligger nära kategori 1B i denna studie. På nivå 2 ses fotosyntesen som en sammanfogning av ämnen, vilket kan jämföras med kategori 2B. På samma sätt finns likheter mellan kategori 3B och nivå 3 (fotosyntesen sammanlänkad med respirationen), liksom likheter mellan kategori 4B och fotosyntesen som en process där resurser skapas och lagras, vilket utgjorde nivå 4 i Carlssons studie.

### **Förståelsen för materians transformation och energins flöden**

Många av eleverna visade under intervjuerna osäkerhet inför vilken gas som var inblandad var i de olika processerna, "luft" kunde betyda såväl koldioxid som syre, och växter kunde "*andas koldioxid*". Det blev därför betydelsefullt att eleverna i undervisningen gavs möjlighet att skilja dessa gaser och deras egenskaper från varandra. Insikter om vad som skiljer energi och materia åt har också visat sig betydelsefulla, exempelvis för insikten om att sockret inte är tillverkat av solljus i materiell form utan med hjälp av energi från solen. Detta är också något som tidigare forskning visat (se exempelvis Andersson, 2000; Driver m.fl. 1994; Wandersee, 1994). För lärandeobjektet fröväxters livscykel har dessa generella attribut varit betydelsefulla för innebörden hos alla attribut med koppling till fotosyntesen och cellandningen och hur detta hänger ihop med kretsloppen i naturen. Jag kan i det empiriska exemplet för kategori 2B tolka CAJSAS undervisning som ett relativt lyckat försök att föra fram attribut rörande materians kretslopp i sin undervisning men då relationer till det generella attributet om förbränning saknades, uppstod däremot svårigheter hos eleverna att förstå framför allt energins flöden.

I datamaterialet finns utsagor i metaforisk form som pekar på en insikt om att förbränningen av den mat vi äter ger oss energi som ursprungligen kommer från solen och blivit tillgänglig för oss tack vare växternas fotosyntes. En metafor som används är att växter kan stå i solen och bli *"mätta och feta"* vilket människor och djur inte kan. Växterna gör därmed också *"mat åt oss"* och de omvandlar solenergin till *"en annan sorts energi"* som vi kan använda, det vill säga ytterligare exempel på systematisk metaforisk begreppsbyggnad. I datamaterialet förekommer attributet om materians kretslopp och energins flöden inte alls i den form som detta attribut brukar ha i den naturvetenskapliga terminologin. Utsagor förekommer dock som pekar på insikter om att växternas fotosyntes utgör förutsättningen för *alla* levande organismers tillväxt och energiförsörjning och att såväl energi som materia förs vidare i näringskedjorna. *"Djuren äter ju växter och då får vi kött"* liksom utsagan *"alla växter och djur förbränner ju det dom får i sig"* som förekom redan vid den inledande intervjun är exempel på detta.

Sockrets dubbla funktion, som *både* byggnadsmaterial och bränsle är en av de kritiska aspekter som definierar den mest komplexa förståelsen av hur fröet och plantan växer som jag funnit i datamaterialet. Metaforer som *"den bygger av sockret, sockret är en byggsten"* *"cellandningen är när den äter"* återkommer här, men nu tillkommer metaforen *"den måste äta en del av sockret för att orka bygga"* som är ett uttryck som gett eleverna en fysisk referens till de mycket abstrakta processer som äger rum. Metaforen uttrycker också fusionen mellan attributet om sockret som byggnadsmaterial och sockret som bränsle. Detta möjliggör insikter om att arbete kräver energi och åtminstone en början till generell förståelse för materians kretslopp och energins flöden. Ett fåtal utsagor förekommer som pekar på att alla dessa attribut har någon form av relation till varandra som påverkar deras innebörd. Hur varierande förståelsen är för alla de enskilda attributen kan jag inte svara på eftersom det inte är något jag studerat, men jag finner det troligt att förståelsen för exempelvis materians kretslopp och energins flöden inte är särskilt komplex.

### **Metaforer och vetenskapliga begrepp**

Lärarnas användande av metaforer kan givetvis diskuteras. Risken finns ju att eleverna lägger in innebörder i begreppen som inte är särskilt vetenskapliga. Det är ju faktiskt inte så att växter *"äter mat"*.

Inom biologiundervisning finns ett också ett vanligt och spritt tabu mot användandet av antropomorfistiska och teleologiska förklaringar av biologiska processer, som till exempel att växter skulle ha förmågan att "vilja ha" eller "sträva efter" något som exempelvis näring eller ljus. (Zohar & Ginossar, 1998). Det är också omtvistat huruvida det är lämpligt att överhuvudtaget tala om socker som "mat" för växten eftersom detta skulle kunna vara missledande.

Tema B skiljer sig från Tema A då det i högre grad handlar om abstrakta biokemiska processer som är svåra för eleverna att relatera till sina egna erfarenheter. Genom att uttrycka något väldigt abstrakt med hjälp av metaforer får vi enligt Lakoff & Johnson (1980; 1999) en möjlighet att förstå det mot en bakgrund av just våra egna personliga och mänskliga erfarenheter. De mest typiska metaforerna innebär då en personifiering som tillåter oss att se en mängd företeelser i termer av mänskliga motiv, karaktäriseringar och aktiviteter. Metaforerna är enligt Lakoff & Johnson inte bara själva orden utan också de begrepp vi lägger bakom dem, med en metafor följer därför ett helt system av metaforiska begrepp, något som också visat sig tydligt i denna studie. En sammanställning av de här vanligast använda metaforerna redovisas i bilaga 2.

Zohar & Ginossar (ibid.) argumenterar för att lyfta bort de tabun som förekommer för antropomorfistiska och teleologiska förklaringar inom biologiundervisningen och kallar till och med sina förslag för "kätterska". De visar i sin studie att denna sorts förklaringar, dit metaforerna hör, kan ha ett stort pedagogiskt värde om de används inom "citationstecken" vilket innebär att eleverna måste ges möjlighet att bli medvetna om att metaforerna är just metaforer och inte vetenskapliga begrepp. I sin studie visar de också att elever visserligen kan uttrycka sig metaforiskt men att det inte finns något som tyder på att de därmed *tänker* metaforiskt, tvärtom verkar metaforerna ha varit till hjälp för dem i deras begreppsförståelse. Värdet ligger enligt Zohar & Ginossar (ibid.) då främst i att metaforer ger möjlighet att kortfattat och enkelt uttrycka sådant som annars skulle ha krävt mycket långa och komplicerade formuleringar. Metaforerna kan också ge eleverna en personlig känsla för vetenskapliga begrepp och hjälpa dem att organisera kunskapen i välkända former. Ett ytterligare argument för att ta bort detta tabu är att metaforiska beskrivningar av exempelvis växters liv är så vanligt förekommande i alla de former av populärvetenskap som eleverna möter i media, det blir därför både

meningslöst och opraktiskt att försöka undvika dem i skolundervisningen. Liknande slutsatser dras av Helldén & Solomon, 2004 och Holgersson & Löfgren (2004) som i sina longitudinella studier tolkar elevers användande av metaforer och antropomorfistiska förklaringar som en del av deras ansträngningar att förstå olika naturliga fenomen och i analysen ser på den mänskliga kunskapen som en del av det Lakoff & Johnson (1999) kallar vårt "förkroppsligade tänkande" (*embodied mind*, min övers.).

Lakoff & Johnson (ibid.) argumenterar för att det mesta av vårt tänkande, alltså även det vetenskapliga och teoretiska, är metaforiskt och att "sanna", icke-metaforiska vetenskapliga begrepp inte existerar. Metaforiska begrepp är enligt Lakoff & Johnson det som gör abstrakt vetenskapligt teoretiserande möjligt överhuvudtaget. De skriver:

The metaphoric character of philosophy is not unique to philosophic thought. It is true of all abstract human thought, especially science. Conceptual metaphor is what makes most abstract thought possible. Not only can it be avoided, but it is something to be lamented. On the contrary, it is the very means by which we are able to make sense of our experience. Conceptual metaphor is one the greatest of our intellectual gifts (ibid. s. 129)

Mitt ställningstagande efter denna studie är att frågan om användandet av metaforer och huruvida en metafor har ett pedagogiskt värde eller ej är av empirisk natur. Det finns metaforer som öppnar lärandets rum och metaforer som stänger det. "*Fröet som äter*" och "*Fröet som behöver syre för att förbränna maten*" är ett exempel på det förstnämnda då dessa kan leda vidare mot en förståelse av alla cellers förbränning, inklusive vår egen förbränning av den mat vi äter. Metaforer som pekar mot generella attribut har varit till hjälp för eleverna. "*Solenergin behövs för att de ska orka bygga*" som pekar mot det generella attributet att arbete kräver energi, verkar till exempel ha hjälpt eleverna att förstå att sockret inte är tillverkat av solljus, det vill säga en insikt om att energi och materia inte är samma sak. En metafor som snarare stänger lärandets rum är däremot "*Fröet måste ha syre för att inte kvävas*".

Szybek (2002) varnar för en utveckling där de som äger den naturvetenskapliga kunskapen, de som "fattar", åstadkommer en dekonkretisering som orsakar en växande klyfta till dem som "inte fattar", det vill säga mellan dem som skulle behöva mer

naturvetenskaplig kunskap och dem som kan bidra med den. Metaforer kan som jag ser det bidra med värdefulla konkretiseringar av abstrakta naturvetenskapliga begrepp men bör betraktas kritiskt och med ett empiriskt förhållningssätt. Viktigt blir också att eleverna så småningom förstår att metaforenas, liksom även de naturvetenskapliga modellernas, förklaringsvärde har begränsningar och bör bedömas i förhållande till ett visst syfte. Jag tror också att det är viktigt att eleverna ges möjlighet att använda metaforerna parallellt med motsvarande naturvetenskapliga termer och begrepp för att underlätta framtida kommunikation.

### **Jämförelse av tema A och B.**

Komplexiteten hos lärandeobjektet medförde att jag valde att betrakta fenomenet "Fröväxters livscykel" uppdelat på två teman och att inom varje tema fokusera på variationen i en särskilt utvald bemärkelse. Lärandeobjektet "Fröväxters livscykel" får när det betraktas på detta sätt karaktären av två *olika* lärandeobjekt. Detta synliggör intressanta skillnader mellan dem som också kan bidra till svaret på den under analysen uppkomna forskningsfrågan om de kritiska aspekternas karaktär.

Attributen i tema A "Fröet bildas i en blomma" kännetecknas jämfört med attributen i tema B "Fröet och plantan växer" av en lägre grad av beroende. Den lägre graden av beroende innebär att de relationer till generella attribut som krävs för att utveckla innebörden av de specifika attributen är fåtaliga för tema A jämfört med tema B. Olika slags variationsmönster och fysiska referenser har gett attributen olika innebörder. Detta har i sin tur format de kritiska aspekterna för olika sätt att förstå lärandeobjektet. För konkreta attribut, som var vanligare för tema A än för tema B, kunde detta ofta ske mer direkt och påtagligt via experiment och levande exempel, men när det gällde tema B:s abstrakta fenomen och processer blev metaforiska beskrivningar vanliga. Variationsmönster kunde lättare konstitueras för de specifika attributen i tema A än för de specifika attributen i tema B. För tema B var det ofta enbart via de generella attributen denna möjlighet gavs. Dessutom har Tema A ett innehåll som eleverna har större erfarenhet av och oftare möter i olika sammanhang även utanför skolan. Karaktären hos attributen i tema A "Fröet bildas i en blomma" menar jag därför är orsaken till att detta tema visade sig vara lättare för eleverna att uppnå en komplex förståelse för, bara ett

fåtal av de arton eleverna lämnade inom detta tema utsagor begränsade till de gemensamma kunskaperna.

Tema B ställer med andra ord större krav på läraren och undervisningen för att det ska bli möjligt för eleverna att samtidigt urskilja de aspekter som är kritiska. Betraktar vi dessa bägge teman som två olika lärandeobjekt kan detta resonemang tjäna som en förklaring till varför vissa lärandeobjekt generellt är svårare att förstå än andra, och belysa vikten av att finna de kritiska aspekterna för varje specifikt lärandeobjekt. Det finns med andra ord inga generellt gällande "rätta metoder" för undervisning i naturvetenskap. Värt att notera är dock att när ett visst sätt att se på lärandeobjektet var medvetet fokuserat av lärarna själva i avsikt att eleverna skulle se på det just så, så fanns goda möjligheter till att lärarnas och elevernas lärandeobjekt blev ett *gemensamt* erfaret lärandeobjekt, ett resultat som stämmer väl överens med vad också exempelvis Alexandersson (1994a) funnit i sin studie. Om undervisning skall förstås som lärarens och elevernas möte i ett gemensamt erfaret undervisningsobjekt (Marton & Booth, 1997) så är undervisning det som har pågått här.

## 6 Avslutande diskussion

### Metoddiskussion

#### Urvalet av deltagare

##### *Urvalet av lärare*

De sex lärarna studien har mycket gemensamt; utbildning, yrkeserfarenhet, skolmiljö och framför allt erfarenheter av fortbildning och skolutvecklingsarbete som fått dem att i högre grad än tidigare fokusera och problematisera innehållet i sin undervisning. Jag vill hävda att denna invarians hos lärarna gett bättre förutsättningar att studera den variation som skulle studeras, sätten att hantera ett specifikt lärandeobjekt. Andra lärare hade kanske kunnat visa på en variation i andra dimensioner, som till exempel olika sätt att hantera undervisningen utan fokus på *innehållet*.

Ett urval av färre lärare hade eventuellt ökat möjligheterna att än mer detaljerat och ingående studera varje lärares undervisning. Anledningen till att alla sex lärarna deltagit även denna gång, var främst att arbetslagen skulle få delta i sin helhet och att inte någon individ skulle väljas bort.

Hammersley & Atkinson (1995) hävdar att det är mer till fördel än till nackdel att som forskare känna sina informanter väl. Detta innebar för både min och lärarnas del att vi kunde vara mer avspända och öppna under samarbetet liksom att lärarna kände stort ansvar för resultatet av det gemensamma arbetet. Nackdelar med att komma deltagarna alltför nära som forskare finns naturligtvis också. Lojalitet och personliga hänsynstaganden kan ha bidragit till att min förmåga att se kritiskt på det som ägt rum minskat, och ökat risken för "hemmablindhet" i form av för-givet-taganden i de tolkningar som gjorts.

##### *Urvalet av elever*

Elevurvalet kan också betraktas som homogent med avseende på miljön och sociala förhållanden i och utanför skolan och kanske inte representativt för en typisk "normalelev" i skolår 1-6. Dessa elever har kanske haft bättre förutsättningar än de flesta att skaffa sig erfarenheter om just detta lärandeobjekt. Många faktorer påverkar vad elever lär sig i skolan, inte minst deras liv utanför skolan, men jag har

studerat vad som sker i skolan med särskilt fokus på lärandeobjektet och för detta syfte anser jag att elevurvalet fungerat väl. Den form av invarians som kännetecknar eleverna kan precis som i fallet med lärarna ses som en fördel; eleverna har också varit fokuserade på lärandets innehåll.

Alternativet att genom någon form av förtest kartlägga elevernas förförståelse och på grundval av detta göra ett varierat urval övervägdes. Här delar jag dock den kritik av begreppsforskningen som framförts av bland andra Schoultz (2000) och Säljö (1995) och anser att vare sig ett skriftligt eller ett muntligt test utfört av mig med någon säkerhet gett ett bättre urval av elever än det lärarna gjorde. Jag valde därför att lita till lärarnas omdöme då de kände sina elever betydligt bättre än jag gjorde. Jag anser också att den variation som visade sig i resultatet pekar på att detta urval fungerat väl och att även antalet varit mer än tillräckligt. Liksom när det gäller lärarna ser jag det som främst en fördel att jag var en välbekant person för eleverna men även här kan det på grund av detta finnas en viss risk för för-givet-taganden i mina tolkningar av det eleverna sade.

## **Undervisningen**

### *Videotekniken och forskningsfokus*

Det uppstod ibland problem att i helklassituationer uppfatta vad en del av eleverna sade då både videokameran och bandspelaren på läraren ibland befann sig på för stort avstånd från vissa elever. Inte heller kunde de samtal som fördes i elevgrupper där varken jag eller läraren befann oss i närheten fångas upp. Detta hade kanske kunnat avhjälpas med ett antal fasta mikrofoner men hade inneburit betydande tekniska svårigheter. Ambitionen har inte varit att studera all interaktion i klassrummet och det som den använda tekniken fångat upp anser jag gett tillräckliga data i förhållande till forskningsfrågorna.

Sahlström & Lindblad (1998) menar att även naturvetenskapligt lärande bör studeras mot bakgrund av att i ett klassrum pågår ett flertal parallella diskurser och poängterar därför vikten av att kunna synkronisera datainsamlingen från interaktionen i helklass, i elevgrupper och mellan enskilda elever då ett grundantagande utgörs av att allt som händer i ett klassrum påverkar övriga händelser. Det som skiljer denna studie från Sahlströms & Lindblads är att ett specifikt lärandeobjekt tagits som utgångspunkt, och att jag studerat vilka möjligheter som undervisningen erbjuder elever att lära just detta



lärandeobjekt. Alla händelser i ett klassrum kan mer eller mindre påverka varandra, men detta är inte vad som varit avsikten att studera. Inte heller har det eftersträvats att beskriva hur enskilda lärare som individer behandlat ett lärandeobjekt eller vad enskilda elever som individer lärt sig. Syfte med filmningen har varit att finna variationen i olika sätt att behandla ett specifikt lärandeobjekt och jag anser att dessa drygt sex timmars videofilm innehåller data som är tillräckliga för detta.

### *Beskrivningen av undervisningen*

En svaghet i studien är att jag i varit närvarande mindre än en fjärdedel av alla de lektioner som genomförts. Jag har därför inte kunnat redogöra för lärarnas undervisning annat än i form av exempel på det jag faktiskt iakttagit och därför kan uttala mig om. Jag har återgett olika exempel på olika sätt att undervisa utan att göra anspråk på att veta att just så här har denne lärare undervisat även i situationer där jag inte varit närvarande.

Lärarna har också berättat om delar av sin undervisning som jag inte direkt observerat. Jag ser ingen anledning att tro annat än att deras strävan har varit att ge mig en så ärlig och fullständig bild som möjligt. Vårt mångåriga samarbete, all den tid jag tillbringat i dessa lärares klassrum och de data som samlats in, anser jag också har visat på att det lärarna under observationer synes ha gjort, och det som de berättat att de gjort, visat på stor överensstämmelse, också från en situation till en annan.

### *Stimulated recall*

Om observationerna och videofilmen utgjorde data för tolkningar av vad lärarna syntes göra, så gav stimulated recall intervjun information om deras egna tolkningar och perspektiv på sina handlingar. Stimulated recall metoden kan enligt Haglund (2003) fylla två funktioner, dels "påminna någon om hur någon tänkte" dels "underlätta för någon att lära av sina erfarenheter med hjälp av reflektion".

Huruvida metoden verkligen kan påminna någon om hur han eller hon tänkte är problematiskt. Haglund (ibid.) frågar sig exempelvis om respondenten redogör för vad den tänkte i undervisningssituationen eller om tanken efterkonstrueras i intervjusituationen. Om beteendet är automatiserat, och orsakerna bortglömda kan då läraren förklara det?

Det senare berörs även av Hammersley & Atkinsson (1995) som skriver att människors handlingar ofta är omedvetna och inte lämnar några spår i minnet. Metoden anses dock kunna fungera som ett hjälpmedel att samla lärares specifika tankar kring sina egna handlingar och som ett verktyg för forskare att få insikt om lärares professionella kunskaper (Haglund, 2003; 2004).

Hammersley & Atkinsson (ibid.) framför att de deltagande människornas bidrag till data kan användas på två sätt; antingen kan forskaren betrakta människors utsagor som ren information om de fenomen som undersöks, eller också kan bidragen ses som viktiga för vad de säger om människors egna perspektiv på dessa. När vi under stimulated recall intervjun diskuterade de delar av arbetet där jag inte närvarat har jag visserligen betraktat lärarnas utsagor som information, men för mig var lärarnas perspektiv och tolkningar av filmen särskilt intressanta, då jag menar att det är dessa perspektiv som påverkar lärares handlande och lärande i dennes praktik.

Betraktas videofilmen som en berättelse, så är det lärarens *berättelse om berättelsen* som jag fått ta del av och lärarens "reflection-on-action" (Schön, 1983) blev med hjälp av stimulated recall tekniken "skarpare". Jag vågar därför tro att lärarnas beskrivningar och förklaringar av sina handlingar i undervisningssituationen har gett mig, om inte en "sann", så dock en *möjlig* bild av hur dessa handlingar kan beskrivas och förklaras ur lärarnas perspektiv.

### **Elevernas förståelse**

#### *Forskarens och elevens möte*

Jag anser att elevernas möjligheter att förstå frågorna på det sätt jag avsåg var goda, och att jag var uppmärksam på om så inte var fallet och då formulerade om frågan så att de fick en ny möjlighet. Vi delade under samtalet en gemensam grund (Tsui, 2004b), och eleverna förstod vad som förväntades av dem: att de så gott de kunde skulle berätta för mig om hur de tänkte om fröna och växterna vi hade framför oss på bordet. Mina samtal med eleverna under dessa intervjuer liknade i många hänseenden de enskilda samtal de var vana att föra i klassrummet med sin lärare.

Linder & Marshall (2003) skriver att elevens förståelse av en särskild situation, är en funktion av den roll som kontextuellt igenkännande spelar för att föra fram kritiska aspekter till elevens medvetande. När

intervjufrågor ställs om hur elever förstår ett fenomen och olika kontexter genereras i intervjun, fokuserar eleverna på olika kritiska aspekter av fenomenet och en variation i elevernas erfarende introduceras som kan innebära en möjlighet till skiften i fokuseringen. Jag gjorde under mina intervjuer samma erfarenhet, eleverna kunde via mina frågor få olika kontextuell grund för sitt sätt att tänka om samma sak, därmed inte sagt att de själva var medvetna om detta. Mercer (1995) skriver att "kontext" inte bara är den fysiska miljön runt samtalet, den är också allt det som ligger bakom de ord som uttalas och som bidrar till samtalets mening. Med hänvisning till Bahktin skriver Mercer (1995) vidare att vi inte lär oss ord från ordboken utan från människors munnar. Orden bär alltid med sig en mening de fått av sina tidigare användare. I denna studie menar jag att jag haft fördel av min kännedom om hur orden färdats från mun till mun mellan lärare och elever och i vissa fall dessförinnan från min mun till lärarnas via den fortbildning de tagit del av (Vikström, 2002). Precis som i ett samtal mellan en lärare och en elev i en undervisningssituation var samtalen mellan mig och eleverna under intervjun ett samtal där min strävan var att vi skulle mötas i ett gemensamt erfaret lärandeobjekt. I någon mening har min studie, på grund av mitt och lärarnas mångåriga samarbete, vad Vygotskij skulle ha kallat en genetisk ansats då jag tack vare detta fått större kännedom om lärandets historia och studerat lärandet "i rörelse" (Wertsch, 1998).

Intervjun som forskningsmetod har kritiserats bland annat för att den enbart ger tillgång till yttranden och utsagor, ingenting annat. Jag vill hävda att min forskningsdesign gett mig tillgång till mer än så, och att mina möjligheter att förstå vad någon menat med en viss utsaga därför har ökat även om en viss risk för för-givet-taganden i tolkningarna kan finnas där. Den har också gett mig möjlighet att konstatera att såväl elevernas och lärarnas handlingar som vad de talat om i relation till lärandeobjektet varit likartat i olika situationer.

### *Problem i elevintervjuerna*

Ovanstående innebär inte att eleverna i alla lägen såg på intervjusituationen på det sätt jag önskade. Marton, Watkins & Tang (1997) beskriver fyra olika sätt som elever kan erfara lärande på; lärande som att *minnas ord*, lärande som att *minnas mening* (innehörd), lärande som att *förstå mening* och lärande som att *förstå ett fenomen* (relatera meningen till annat). Under elevintervjuerna blev

jag allt mer medveten om betydelsen av detta. Eleverna var medvetna om att jag ville veta "*vad de lärt sig*" men deras syn på vad som utgjorde ett "bra svar" hade betydelse. Det kunde innebära att komma ihåg de rätta, nya orden. Det var ibland svårt att få eleverna att kommunicera innebörd och mening i begrepp och fenomen när de själva inte kände sig säkra på hur de skulle uttrycka sig. Under denna studie har jag blivit ännu mer medveten om de problem som försök att studera elevers begreppsbyggnad innebär. Uppgiften att "*förklara hur du tänker*", är precis som Säljö (1995) hävdar, mycket svår för en elev och ställer stora krav på kommunikationen mellan eleven och forskaren.

Jag intervjuade arton elever om ett stort och komplext lärandeobjekt. Mina möjligheter att uttala mig om hur enskilda elever förstår detta lärandeobjekt har vissa begränsningar och kan vara en svaghet i min studie. Lärandeobjektet består av ett antal biologiska fenomen som vart och ett skulle ha varit krävande att samla in data om och analysera elevers förståelse av. Många frågor till eleverna om hur de förstod en viss del av lärandeobjektet blev aldrig ställda, andra frågor ställdes till några av eleverna men inte till andra, vilket jag i efterhand kunnat uppleva som en brist. Särskilt de yngsta eleverna kunde visa tecken på att de blev trötta och tappade koncentrationen vilket kunde medföra att jag tvingades begränsa mig i mitt frågande. Det hade också kanske varit bättre att intervju ett färre antal elever och att ge mig själv som intervjuare mer tid till reflektion och eftertanke under de mycket arbetsintensiva veckor då datainsamlingen pågick.

Inte bara eleverna, utan även jag själv lärde mig mycket under våra samtal, något som medförde att intervjuerna förändrades och utvecklades allt eftersom. Intervjun med den tionde eleven hade utvecklats i förhållande till intervjun med den första, och intervjun med den artonde i förhållande till den med den tionde. Tolkningen av en intervju startar i det ögonblick intervjun inleds och påverkar efterföljande intervjuer. Summan av tolkningar blir därför på en kollektiv nivå något mer än bara summan av de ingående individuella intervjuerna. (Adawi, Berglund, Booth & Ingerman, 2001). Jag gör inga anspråk på att påstå att så här förstår en viss elev något. Det jag försökt uttala mig om är att så här kan något förstås i den situation som råder, det vill säga exempel på olika *möjliga* sätt att förstå.

### *Reflektioner över stimulated recall tekniken i elevintervjuerna*

Användandet av stimulated recall tekniken i elevintervjuerna gav inte det resultat jag hoppats på. Eleverna beskrev vad de eller deras lärare *gjort* i ganska allmänna ordalag: men de förmådde sällan bidra med några direkta referenspunkter mellan ett visst undervisningsmoment och ett visst lärande. Denna förhoppning övergavs efter ett antal intervjuer och jag började i stället att ställa frågor av typen "*Märker du något som du har lärt dej som du inte kunde förra gången?*" vilket gav ett bättre resultat. Eleverna kunde då många gånger mycket precist peka ut detaljer i sitt eget lärande.

Nya ord för ibland redan kända begrepp, liksom nya innebörder av redan kända ord, var kanske det som mest av allt fick eleverna att reagera när de såg sig själva på videofilmen. Efter ett antal intervjuer upptäckte jag att det kanske viktigaste under stimulated recall situationen var att iakta elevens ansiktsuttryck. En förvånad min eller ett fniss gjorde att jag stoppade filmen och frågade "*Vad tänkte du nu?*". Detta visade sig vara mer givande för att synliggöra de skillnader i mening som eleverna kunde uppfatta, exempelvis kunde David då själv upptäcka att han före undervisning förstått innebörden i ordet "*pollen*" på samma sätt som innebörden i ordet "*frö*". Jag har funnit att stimulated recall tekniken kan vara ett sätt att få elever att upptäcka *skillnader* genom att *samtidigt* erfara vad de tänkte *då* med vad de tänker *nu* och att den kan ge dem en möjlighet att se på sitt eget lärande som *ett nytt sätt att se* på ett fenomen.

### **Studiens kunskapsanspråk och kvalitet**

#### *Värdet av beskrivningskategorier*

Det variationsteoretiska perspektivets strävan efter att beskriva "sätt att erfara" som något som kan beskrivas i ett begränsat antal kategorier har kritiserats (se t ex Säljö, 1997). Det jag försökt visa är att elever, och lärare visat förmågan att se på något eller hantera ett undervisningsinnehåll på ett visst sätt, inte att de inte är förmögna att även göra detta på något annat sätt. Empiriska påståenden om enskilda elever är kanske inte möjliga att generalisera, men variationen i sätt att förstå kan vara det, kategorierna i resultatbeskrivningen representerar därför en möjlig abstrakt elev (Marton & Booth, 1997). Värdet av att forma beskrivningskategorier som är sparsmakade och avskalade sin kontext är detsamma som för andra försök att på ett enkelt och åskådligt vis beskriva sådant som är för abstrakt och komplext att beskrivas i sin helhet. Liksom metaforer ger en beskrivningskategori

bara en partiell beskrivning av något, vissa aspekter av förståelsen av lärandeobjektet göms, medan andra framträder tydligare och just detta är vad som kan vara användbart för att utveckla undervisningen om inte bara fröväxters livscykel utan även om andra generella biologiska sammanhang med koppling till detta.

### *Generaliserbarhet*

Jag har i min avhandlingstext strävat efter att fortlöpande beskriva mitt arbete så detaljerat att en kritisk läsare ska ges möjlighet att göra sina egna naturalistiska och pragmatiska generaliseringar och bedöma trovärdigheten i mina resultat (Kvale, 1997; Stake, 1995). Detta gäller såväl den konkreta beskrivningen av forskningens metoder och resultat, som de teoretiska och metodologiska ställningstaganden som ligger till grund för hela studien. En naturalistisk generalisering kan innebära att resultatet antas gälla även för andra elever och lärare under liknande förhållanden. Beskrivningskategorier på en kollektiv nivå gör att studiens kunskapsanspråk utgår ifrån att det som redovisas är *möjliga* sätt att förstå och behandla detta lärandeobjekt. De har varit möjliga för dessa lärare och elever i vissa situationer, och de därför kan vara möjliga även för andra.

### *Respondentvalidering*

I licentiatuppsatsen beskrevs hur resultatet av arbetet blev kontinuerligt validerat i praxis (Vikström, 2002). I den studien låg denna respondentvalidering (Hammersley & Atkinson 1995; Kvale, 1997) närmare till hands eftersom resultatbeskrivningen där låg närmare individerna. Även denna gång har resultatet delgetts, och diskuterats med de deltagande lärarna. De har uppmanats att ge synpunkter och komma med invändningar om det förekommit sådana. Några sådana har inte erhållits, och lärarna har godtagit tolkningarna och ansett dem trovärdiga. De säger sig känna igen sig i resultatet och uttrycker sig som exempelvis EVA gjorde: *"det är ju precis så där det var"*.

Avståndet mellan resultatbeskrivningen och den enskilde lärarens skolvardag i forskningsprojektet har denna gång varit större liksom våra respektive förutsättningar att bedöma resultatet. *"Vi ser ju på detta ur helt olika perspektiv och med helt olika utgångsläge. Det är ju klart att vi då inte kan se det på precis samma sätt"* som ANNIKA uttryckte det under vårt samtal om resultatet. Lärarna gör, precis som en läsare utifrån sina personliga utgångspunkter, sina egna naturalistiska generaliseringar av resultatet. Det som är viktigt är att

de upplevde resultatet som trovärdigt och användbart och deltagandet som lärorikt, något som de alla sex varit överens om. *”Det är ju bara det att nu börjar man ju förstå att så här skulle man ju behöva undersöka allt man håller på med i skolan”* sade ANNIKA också.

### *Forskarens biografi*

Min mångåriga erfarenhet av naturvetenskaplig undervisning och ett lika långvarigt intresse för hur elever förstår ett innehåll såsom fröväxters livscykel har tillsammans med mina studier av annan forskning på området, haft betydelse för hur jag genomfört och tolkat intervjuer och andra data. Det var ingen okänd arena jag trädde in på för min egen del och jag sökte kanske ibland efter svar jag redan innan misstänkte att jag skulle, eller ville, finna. Detta kan ha varit en nackdel då det kan ha inneburit att andra svar, och frågor, förbisetts. Jag anser dock att min erfarenhet inneburit fler fördelar än nackdelar i den meningen att jag med detta utgångsläge bättre visste vad jag skulle söka efter i de ytterst komplexa situationer och sammanhang som studien berört.

## **Elevers lärande, lärares kompetens och praxisnära forskning**

Resultatet av denna studie visar att det är möjligt för även mycket unga elever att utveckla sin förståelse för abstrakta och komplicerade biologiska processer och att denna förståelse har en tydlig koppling till de möjligheter undervisningen erbjuder. Om avhandlingsstudien och licentiatuppsatsens resultat betraktas som en helhet visar resultatet dessutom att undervisningens möjligheter har en koppling till den kompetens de sex lärarna utvecklat. De första stegen i den kompetensutvecklingen bestod i en växande förmåga att identifiera problemen i elevernas lärande och en ökad tilltro till såväl den egna som elevernas förmåga att lära även det som tidigare betraktats som för svårt. Detta har sedan resulterat i ett fortsatt lärande för både elevernas och lärarnas del. En slutsats som kan dras av detta är att det inte är omöjligt att öka lärares kompetens att undervisa i naturvetenskap för de tidigare skolåren och inte heller omöjligt att lägga en grund för elevernas lärande så att resultaten i nationella utvärderingar inte förblir så nedslående som de är idag. Denna studie kan bidra med några ledtrådar till vad som är förutsättningarna för detta, annan praxisnära forskning kan bidra med ytterligare.

## **Vad består elevernas lärande av?**

De olika sätt att erfara lärandeobjektet som representeras av beskrivningskategorierna representerar de olika möjliga sätten att förstå delar av lärandeobjektet som visat sig i den studerade elevgruppen. Dessa kategorier har en hierarkisk relation till varandra där den högsta nivån representerar en kategori som inkluderar de övriga. I resultatredovisningen fördes också de gemensamma kunskaperna fram på ett sätt som inte brukar vara vanligt i fenomenografiska studier där utfallsrum av detta slag beskrivs. Det finns två huvudsakliga skäl till detta: för det första att framförandet av de gemensamma kunskaperna understryker det goda resultatet av lärarnas undervisning och elevernas lärande och motsvarar en kunskap som i sig är tämligen omfattande för att gälla dessa åldersgrupper. Det andra skälet är att de gemensamma kunskaperna är av en särskild karaktär då de har formats av attribut specifika för lärandeobjektet. Detta skulle kunna ge ledtrådar till hur alla elevers gemensamma kunnande skulle kunna utökas, vilket i sin tur skulle kunna ha betydelse för utvecklingen av det vi kallar naturvetenskaplig allmänbildning och som ofta understryks i sammanhang som rör naturvetenskaplig undervisning och undervisningsforskning.

”Förståelse” kan, som jag beskrivit i kapitel 3, betraktas på olika sätt beroende på vilket teoretiskt perspektiv man som forskare intar. Förutom att inte försöka uttala mig om enskilda elevers förståelse, utan om en möjlig förståelse kopplad till situation och kontext, ser jag på den förståelse som eleverna utvecklat i denna studie som en ökad potential att föra meningsfulla samtal om abstrakta biologiska processer. I enlighet med Michael Halidays teorier om språk och lärande (Wertsch, 1998; Wells, 1999; Marton, Runesson & Tsui, 2004) utgörs denna potential inte bara av en utvecklad meningspotential, utan också av en utveckling av handling, tal och tänkande som möjliggör för den lärande att delta i fortsatta intellektuella aktiviteter

## **Hur uppstår och utvecklas förståelsen?**

I skolans naturvetenskapliga undervisning möter eleverna många termer och begrepp de ofta inte har någon tidigare erfarenhet av. Eleverna ska ges möjlighet att förstå begreppen, det vill säga konstituera ändamålsenliga relationer till dem. Ett begrepp om exempelvis celloändningen är en relation mellan eleven och



cellandningens egenskaper och innebörd, själva termen är något annat. Språket är det viktigaste redskapet för att konstituera relationen men också det viktigaste redskapet för en forskare eller lärare som vill försöka förstå hur relationen ser ut. Språket åstadkommer generaliserande variationsmönster som gör urskiljandet av själva begreppet möjligt.

En elev kan lära sig nya ord, utan att eleven egentligen lär sig nya begrepp, införandet av termen "*embryo*" i denna studie är ett exempel på detta. Jämförande exempel, ofta av metaforisk natur, har spelat en central roll för både lärare och elever då de kommunicerat begreppsliga innebörder och har visat sig kunna konstituera variationsmönster som gör specifika innebörder möjliga att urskilja medan de dolt andra. Lärarnas exempel har förändrat relationen mellan eleverna och aspekter hos lärandeobjektet, och exemplen har då visat sig vara mer eller mindre framgångsrika i förhållande till syftet att åstadkomma ett visst sätt att se på aspekten i fråga. De vetenskapliga begreppen har utvecklats "uppifrån och ner", från läraren till eleven, som Vygotskij (1978, 1999) själv metaforiskt uttryckte saken och har då kunnat möta elevens vardagliga begrepp som utvecklats "nerifrån och upp".

Vår förmåga att se likheter eller ej, är en funktion av erfaren variation skriver Marton & Trigwell (2000). Genom att eleverna erbjudits erfarenhet av variation har undervisningen haft ett avgörande inflytande över generaliseringarnas väg, precis som Vygotskij (1978, 1999) hävdade. Exempel av olika slag, mer eller mindre metaforiska, har gett erfarenheter av variation som har öppnat för möjligheterna att se generella likheter mellan olika fenomen. Många av eleverna i denna studie har exempelvis fått möjlighet att se likheten mellan en eld som brinner och cellandningen. Detta kan kanske öka deras möjligheter att i framtiden förstå sådana fenomen som varför fåglar behöver många feta frön på vintern för att hålla kroppsvärmen medan en kall fisk inte behöver det, eller varför en bilmotor blir mer eller mindre varm beroende på bilens hastighet och bränsleförbrukning. De invarianta delarna av begreppet förbränning och de generella principer som gäller för detta begrepp, kan om de placeras i varierande kontexter, öka eleverna möjligheter att överföra denna kunskap till helt nya sammanhang.

Wertsch (1998) framför att användandet av andras ord, även om de är tveksamt förstådda, kan ha en viktig påverkan på den som använder dem i längden. En elev lär sig då först hur, och i vilka sammanhang, andras ord kan användas, och kan klara detta utan alltför stora svårigheter vilket motsvarar det Wertsch kallar *mastery*. Så småningom kan ordet bli elevens eget, det approprieras och används då helt utan problem. De samtal som eleverna i denna studie visat sig kunna föra om det biologiska innehållet kännetecknas som jag ser det av en form av "mastery" men i detta ligger också potentialen för att lära vidare.

### **Vad måste erbjudas i undervisningen?**

#### *Feedback*

Hattie (1992) redovisar resultatet av en omfattande metaanalys av tidigare forskning om olika faktors effekt på undervisningsresultat. Enligt Hattie är feedback till eleven i form av handlingar från lärarens sida den viktigaste enskilda orsaken till goda undervisningsresultat. En förutsättning är då att lärarens handlingar tar sin utgångspunkt i elevens förståelse. Hattie drar av detta slutsatsen att det som händer i skolan har större betydelse än det som händer utanför den. Feedbacken ska utgå ifrån elevens förståelse men den måste också ha en riktning framåt, läraren måste också vara medveten om vilken förståelse som eftersträvas och vad som utgör de kritiska aspekterna för denna. ANNIKA var exempelvis klar över vikten av att markera skillnaden mellan pollinering och befruktning och gjorde också detta i sina samtal med eleverna.

#### *Frågor*

Frågor har varit ett viktigt redskap när lärarna velat skaffa sig kännedom om hur eleven förstår något. Frågor kan karaktäriseras på många olika sätt; autentiska och icke-autentiska frågor, öppna eller slutna frågor exempelvis. Frågor kan användas enbart för kontroll av elevernas kunskaper eller arbetsprocesser, men också för en analys av elevens förståelse av innehållet i syfte att hjälpa dem vidare.

Lärandets rum har vidgats med hjälp av frågor då de utgjort ett viktigt instrument för att lyfta fram de kritiska aspekterna för ett visst sätt att se på något (Wertsch, 1998; Tsui, Marton, Mok & Ng (2004). Lärarnas samtal med eleverna i klassrummet har ofta visat sig följa det mönster som är så vanligt i klassrumspraktiken, IRE eller IRF (initiation-respons-evaluation eller follow-up). Detta mönster har av

exempelvis Mercer (1995) och Wertsch (1998) kritiserats bland annat för att vara alltför lärarcentrerat, medan Wells (1999) inte anser det vara vare sig bra eller dåligt. Det ANNIKA åstadkom i sitt samtal om blommornas förökning, var att lyfta fram skillnaden mellan pollinering och befruktning. DORIS och FRIDAS frågor till sina elever om den dubbla befruktningen respektive vattnet vid cellandningen var det som möjliggjorde för dem att förstå sina elever, det tog bara lite längre tid för FRIDA. Generellt giltiga uttalande om vad som är bra frågor, och vad som inte är det kan vara svårt att göra. Här måste utgångspunkten tas i lärandeobjektet och det lärande som ska åstadkommas.

### *Den närmaste utvecklingszonen*

Både DORIS och FRIDA befann sig i sina samtal med Hanna och Ingrid respektive Fia och hennes kamrater inom elevernas närmaste utvecklingszon (Vygotskij, 1978; 1999) och samtalet fördes inom räckhåll för det eleverna hade möjlighet att förstå. Skillnaden var att DORIS omedelbart fann ut var hennes elever befann sig inom zonen, de talade om samma attribut, medan FRIDA och hennes elever befann sig på *olika* platser, de fokuserade olika attribut och delade inte en gemensam grund. FRIDAS sätt att åtgärda detta senare under lektionen, samt hennes reflektioner över situationen under vårt stimulated recall samtal, gör att jag vågar tro att FRIDA nästa gång hon undervisar om fröets cellandning kommer att vara mer uppmärksam på just detta och ha en ökad förmåga att lyfta fram just det hon vill att eleverna ska urskilja. Tsui (2004b) framför också att om elever signalerar brist på gemensam grund är detta av särskild vikt för lärare att uppmärksamma, vilket jag anser att FRIDA till sist gjorde.

Säljö et al. (2001) beskriver i sin klassrumsstudie hur eleverna kunde ha problem med att ”identifiera den rätta diskursen” i matematiska samtal med sina lärare. Det som var problemet för FRIDA och Fia i samtalet om vattnet och fröets cellandning var identifikationen av attributet, vilket kan ses som en aspekt av en diskurs. I mötet mellan lärare och eleven kan, ett parallellt lärande ske. Då förändras elevens relation till lärandeobjektet, lärarens relation till lärandeobjektet likaså, men även lärarens förståelse av hur eleven förstår och därmed också lärarens förmåga att hjälpa eleven vidare.

### *Berikandet av lärandets rum*

Tsui (2004b) skriver om det semantiska berikandet av lärandets rum med hjälp av de exempel, metaforer och analogier och kontextuell variation som läraren bidrar med. Lärandrummet är på detta sätt töjbart och en lärare kan både krympa det och vidga det. I denna studie finns en rad exempel på hur läraren genom att vidga lärandrummet kan påverka den mening eleven ger lärandeobjektet. Elever, och inte heller lärare, kan väl ha någon egentlig erfarenhet av de abstrakta processer och fenomen som naturvetenskap många gånger handlar om. Jag tror inte att vi *fullständigt* kan kommunicera mening i dessa sammanhang, men att metaforer och andra exempel som relaterar till lärandeobjektets kritiska aspekter erbjuder ett sätt att *delvis* göra detta, och att lärandets rum därigenom kan berikas och utvidgas. En förutsättning för detta är att läraren är klar över vilket lärande som eftersträvas och problematiserar detta på djupet.

### **Vilka krav ställer detta på lärarens kompetens?**

#### *Lärarens uppgift och förmåga*

Carlgren & Marton, (2000) definierar en lärares professionella objekt som elevernas lärande av särskilda förmågor och förhållningssätt. Läraryrket ställer krav på komplex förståelse som i sin tur möjliggör komplexa handlingar för att åstadkomma detta. DORIS rynkade eftertänksamt pannan när hon under stimulated recall situationen såg sig själv samtala med Hanna och Ingrid om den dubbla befruktningen och vad som finns inuti ett frö. I den undervisningssituationen hade hon inte många sekunder på sig att analysera vad flickorna talade om och sedan handla utifrån den analysen. Förutsättningen för handlingen var att DORIS själv såg på befruktningen och vad som fanns inuti ett frö på ett särskilt sätt. BIRGITS samtal med Johanna om fröet i vattenglaslet är ett exempel på när lärarens sätt att se på ett fenomen verkar begränsande för elevens möjligheter att utveckla ett mer komplext sätt att förstå något. Förmågan att presentera innehållet på ett visst sätt förutsätter alltså förmågan att se det på ett visst sätt (Runesson, 1999)

En lärares uppgift består i att på olika sätt lyfta fram och peka ut aspekter hos lärandeobjektet så att dessa blir möjliga för eleverna att urskilja. Detta har lärarna i denna studie åstadkommit genom att på en mängd olika sätt konstituera variationsmönster. Förmågan att göra detta utgör en viktig del av lärarens kompetens. Förmågan att använda sig av variationsmönster som relaterar till generella attribut har i denna studie visat sig betydelsefull för att åstadkomma förståelse

utöver det gemensamma kunskaper. Detta sammanfaller med det som Adams m.fl. (2001) pekar på som särskilt betydelsefullt inom inte minst biologiundervisningen; förmågan att se livet på olika nivåer från atom till organism, och nödvändigheten av att föra in kemins och fysikens begrepp i biologin.

Lärarna har i denna studie gått in i arbetet med olika strategier och trots vår gemensamma planering skiftande avsedda lärandeobjekt. I undervisningssituationen har detta påverkat deras taktik, exempelvis de urval av attribut de gjort och hur de fört fram attributen och attributens inbördes relationer. Inte minst har alltså deras förmåga att gå *utanför* de specifika attributen och använda sig av generella attribut hos lärandeobjektet visat sig betydelsefullt. Lärarnas egen medvetenhet om variationens betydelse har också visat sig i lärarnas sätt att tala om vad de gör, "*för att markera*", "*för att visa skillnaden*", "*att se likheter*", "*vi har jämfört*" är uttryckssätt som varit mycket vanliga när lärarna själva beskrivit sitt arbete. Deras kunskap har inte varit "tyst", och inte visat sig enbart i handling, utan också i välformulerade teoretiska resonemang.

#### *Lärarens avsikt och förmåga*

Denna studie visar att en viktig förutsättning för att elever ska urskilja en aspekt är att läraren själv urskiljer den, anser den kritisk och följer upp den konsekvent i sin undervisning. ANNIKA följde exempelvis medvetet och konsekvent upp växters och fröns eget syrebehov i sina samtal med eleverna. Att på detta sätt aktivt urskilja kan jämföras med när en lärare inte alls urskiljer vissa kritiska aspekter. BIRGIT var själv osäker på fröns andning, och hade därför inte heller tänkt på att hjälpa sina elever att förstå detta.

Läraren kan också ha gjort ett medvetet val som medför att vissa kritiska aspekter inte synliggörs. Av förmågan att se ett innehåll på ett visst sätt följer inte med automatik att innehållet presenteras på detta sätt. I CAJSAS sätt att hantera syrets funktion och växters respektive djurs och människors andning kan det ligga något annat bakom. Det som vid första påseende kan verka som ett tecken på inkonsekvens eller passivitet i CAJSAS sätt att tala om detta med sina elever och med mig, kan i stället tyda på att hon ansåg att det sätt hon presenterade cellandningen på var tillräcklig och att hon medvetet valt bort andra sätt att presentera detta på medan ANNIKA å andra sidan medvetet

verkar ha valt det motsatta. Båda lärarna kan då sägas ha lyckats med den uppgift de föresatt sig.

Lärarnas förmåga och vilja att vara responsiv, har medfört att de kunnat uppmärksamma vilka attribut som utgjort grund, och vilka attribut som fokuserats av eleven i samtalen om lärandeobjektet. Genom att på olika sätt skapa variationsmönster har läraren sedan kunnat ge eleven möjlighet att fokusera fler, och nya, attribut och att upprätta meningsskapande relationer mellan attributen. Då har attributen fått en ny innebörd och eleven har fått möjligheten att se på lärandeobjektet på ett nytt sätt, ett lärande har ägt rum. I denna interaktion har läraren agerat i elevens närmaste utvecklingszon (Vygotskij, 1978, 1999) och de generella attributen har spelat en viktig roll. Lärarens förmåga att hämta jämförande exempel från de generella attributen har haft stor betydelse för hur eleven utvecklat sin förståelse.

#### *Lärarens tilltro till sin egen och elevernas förmåga*

Wells (1999) frågar sig om en lärares omtanke om elevernas självkänsla kan leda till en tveksamhet inför att utmana dem, kanske kan detta ha spelat roll för ANNIKAS och CAJSAS val ovan. Under vårt samarbete har jag många gånger hört lärarna uttrycka att *”jag trodde inte det var möjligt för elever att förstå detta, jag förstod ju det inte själv, men nu vet jag att det är möjligt”*. Denna studie visar ju också att när en lärare på ett medvetet sätt har bestämt sig för att försöka hjälpa en elev ska förstå något på ett särskilt sätt och dessutom tror att detta är möjligt, så lyckas läraren också ofta med detta.

#### *Lärarna och styrdokumentet*

De sex lärarna i denna studie har ägnat mycket tid åt innehållsliga diskussioner i sina respektive arbetslag, något som de knappast gjorde alls innan vårt samarbete startade (se Vikström, 2002). Inte minst har detta gällt det naturvetenskapliga innehållet. Detta har spelat stor roll för lärarnas egen förståelse och handlande och därmed också för elevernas lärande. Den utveckling som dessa sex lärare genomgått anser jag visar på en ökad förmåga att se helheter och skapa sammanhang för eleverna. Den förmågan har tagit sig uttryck i användandet av generella attribut i olika sammanhang, och i en förmåga att placera viktiga begrepp, som fotosyntesen, i olika kontexter, situationer, tid och rum. EVA har exempelvis visat förmågan att föra fram kritiska aspekter för förståelsen av

fotosyntesen och cellandningen på utflykter i skogen likaväl som vid skolträdgårdens kompostlåda.

Andersson m.fl. (2004) framför i Nationella utvärderingen 2003 att "mål att uppnå" för enskilda naturvetenskapliga ämnen av lärare ses som viktigare än strävansmålen och att en orsak kan vara att lärarna själva har svårigheter med att se hur de olika målformuleringarna hänger samman med varandra. Därmed går helheten i elevernas naturvetenskapliga lärande förlorad. Enligt NU-03 uttalar lärare också ofta att de har svårt att "hinna med" alla mål, något som jag själv känner väl igen från många samtal med lärare. Jag tror att även detta kan böttna i svårigheter att se helheter. Uppfattas alla dessa "mål att uppnå" inte som delar av helheter, utan som enskildheter som ska hinnas med, finns risken att läraren väljer bort vissa mål till förmån för andra. En slutsats av detta som dras i NU-03, är bland annat att atomerna måste få ta plats i biologiundervisningen och fotosyntesen i fysikämnet.

#### *Implikationer för naturvetenskaplig undervisning*

Jag möter inte sällan åsikten bland lärare i de tidigare skolåren att lärare *först* måste se till att det fungerar socialt i klassrummet, att eleverna har det bra, att samarbetet fungerar, konflikter löses etc och att *sedan* kan läraren arbeta med själva lärandet av innehållet eftersom det förstnämnda är en förutsättning för det senare. Det där om att förutsättningarna för lärandet måste vara de rätta är för mig självklart, men jag tror inte att det alltid handlar om *först* och *sedan* utan att det många gånger kan ske *samtidigt*. Den utökade reflektion och fokusering på innehållet som de sex lärarna i denna studie visat, anser jag inte medfört att deras förmåga eller möjlighet att se till elevernas väl och till hela deras skolsituation på något sätt minskat. En lärares uppgift är att hjälpa eleverna till speciella förmågor och EVAS förmåga att hjälpa sina elever till exempelvis ekologisk förståelse menar jag har ökat till förmån för både den enskilde eleven och för vårt samhälles utveckling i form av elevers naturvetenskapliga allmänbildning, utan att detta medverkat till åsidosättande av andra viktiga förmågor.

Undervisning ska inte ställa för stora krav på eleverna men min tro är att undervisning, inte minst i naturvetenskap för tidigare skolår, snarare ställer alltför låga krav. Denna studie visar också att även yngre elever har potential att lära sig ett naturvetenskapligt innehåll

som deras lärare inte trodde vara möjligt under inledningen av vårt samarbete. Elever som klarar en utmaning får en ökad självkänsla och lärare som klarar en utmaning får det också. Naturvetenskaplig allmänbildning är ingen utopi om den tros vara värdefull och möjlig och dessutom får chansen att ta sin början långt ner i åldrarna, något som även andra före mig framfört, se exempelvis Helldén (1995b).

Laborationer, experiment och naturstudier, det som brukar kallas ”praktiska” inslag i undervisningen måste problematiseras i lika hög grad som alla andra komponenter i undervisningen. Wells (1999) påpekar att när naturvetenskap i skolan utövas som ”hands-on” verksamhet, finns alltid risken att själva experimenterandet leder till att eleverna tappar aktiviteternas syfte ur sikte såsom detta definierats av läraren. Dimenäs (2001) framför att eleverna i framtidens naturvetenskapliga klassrum förväntar sig att få ge sig i kast med tankar och diskussioner kring olika händelser och fenomen, experimentet står då inte längre i centrum. Påståendet att *”man lär sig bäst om man får göra mycket praktiskt”* är något även jag ifrågasätter. Detta innebär inte att betydelsen av att få fysiska referenser av olika slag i form av iakttagelser, experiment eller metaforer förnekas. Konkreta upplevelser, det som lärare brukar omtala som att *”lära med alla sinnen”* och med *”olika uttrycksformer”* är viktiga, inte minst för abstrakta fenomen. Det som blir viktigt är problematiseringen av den konkreta upplevelsen, *vad* är det som upplevs och uttrycks, vilka associationer leder det till och vilket lärande är det egentligen som åstadkoms genom de uttrycksformer som används?

Styrdokument i form av kursplaner ger inte alltid den styrning som varit intentionen från statsmaktens sida. Sätten att presentera ett innehåll på, exempelvis vilka attribut som ska lyftas fram för eleverna hos ett visst lärandeobjekt, liksom frågor gällande lärandets resultat, måste ges tid och diskuteras i lärarkollektivet. Kunskap om specifika lärandeobjekt kan då ackumuleras och bli en del av lärares yrkeskunskap. Samarbete och diskussion om innehållsliga frågor med koppling till läraruppdraget som det formuleras i kursplanerna är en viktig del av lärares möjlighet till eget lärande och därmed också elevernas. Skolverket (2004a) framför att ett kompletterande kommentarmaterial till kursplanerna skulle kunna vara en väg att åstadkomma en helhetstolkning av det styrdokumentet syftar till att åstadkomma. Detta kan kanske vara en möjlighet, men jag ser en risk att ett sådant kommentarmaterial bara blir ytterligare ett material som



lärare kommer att antingen förbise, eller tolka och omsätta i handling på väldigt olika sätt.

Den viktigaste frågan en lärare bör ställa sig är vilket lärande som ska åstadkommas, följt av en kontinuerlig värdering av lärandets innebörd och resultat. Detta förutsätter ett fokus på hela lärandeobjektet. En lärare som vill åstadkomma särskilda sätt att se på något måste föra fram de kritiska aspekterna för detta sätt att se på ett sådant sätt att eleverna får möjlighet att erfara dem. Detta kan innebära att läraren måste arbeta med många attribut och ämnen samtidigt. Detta är något som ställer stora krav på lärarens flexibilitet, kreativitet och förmåga att komma ifrån exempelvis läromedlens styrande funktion. Ett fokus på lärandeobjektets kritiska aspekter och att göra dessa möjliga att urskilja genom variation måste då vara det centrala, inte ämnesintegrationen som sådan.

### **Hur utvecklas lärares kompetens?**

#### *Lärares lärande*

Denna studie visar att lärarnas möjligheter att lära vidare på egen hand utvecklats positivt. I den meningen har aktionsforskningen varit frigörande på det sätt som Carr & Kemmis (1986) avsett. I kapitel 1 redogjordes för hur aktionsforskningssamarbetet som beskrivits i licentiatuppsatsen (Vikström, 2002) ledde fram till en utökad reflektion. Då drogs slutsatsen att lärarnas möjligheter att lära i sin praktik också ökat tack vare detta. Den reflektionsdomän som i uppsatsen kallade ”Fokus på dialog med utgångspunkt i innehållet” betyder för mig idag detsamma som lärarens förmåga att fokusera och handla med utgångspunkt i *hela* lärandeobjektet, både det direkta innehållet och elevens förståelse.

Jag anser att dessa sex lärare har utvecklat de fyra didaktiska kunskapsbehov som Alexandersson (1994a) anför; kunskaper om det specifika innehållet, kunskaper om hur eleven tänker kring detta innehåll, kunskaper om hur man som lärare kan stödja elevens förståelse av innehållet samt medvetenhet om denna interaktiva process. EVA har idag en helt annan förståelse för begreppet cellandning, hon vet vikten av att exempelvis ge eleverna möjlighet att förstå skillnaden på syre och koldioxid för att förstå cellandningen, hon kan använda meningsbärande metaforer och varierande exempel som ger generell förståelse för begreppet och hon kan samtala om det hon gör på ett medvetet vis med mig och med sina arbetskamrater.

EVA har också visat analytisk kompetens tillräcklig för att hon ska kunna upptäcka de problem hennes elev Emelie hade att förstå cellandningen och framöver hjälpa henne att förstå den bättre. Detta är inte något EVA lärt sig enbart under de timmar hon tillbringat tillsammans med mig, jag vill påstå att det mesta har hon lärt sig i sin egen praktik och att hon har lärt sig detta till stor del tack vare sin fokusering på hela lärandeobjektet. Om EVAs undervisningsfokus enbart berört den domän jag i licentiatuppsatsen kallade ”Fokus på görande” hade detta knappast varit möjligt. Liknande slutsatser av vad som händer då lärare fokuserar procedurer och aktiviteter istället för innehållet i lärandet dras av bland andra Emanuelsson (2001) och Dimenäs (2001).

En förutsättning för att läraren och eleven ska mötas i ett gemensamt erfaret lärandeobjekt är att läraren tar ansvar för detta möte, men också att läraren själv har den förståelse och analytiska kompetens som krävs för det lärandeobjekt som det gäller. Samtidigt som läraren hjälper eleven att lära, lär sig läraren då för egen del och utvecklar sin professionella kompetens ytterligare. De möjligheter till lärande som erbjuds en lärare som *samtidigt* konsekvent och aktivt fokuserar på innehållet i det lärande som eftersträvas och på hur eleverna förstår detta, är annorlunda än de möjligheter som finns när motsatsen råder och lärarens fokus kanske är att klara av arbetssituationen som sådan. Läraren kan genom sin fokusering påverka inte bara elevernas, utan även sitt eget lärande eftersom en lärare då även lär inom *sin* närmaste utvecklingszon (Vygotskij, 1978; 1999; Ash & Levitt, 2003).

Fullan (2001) skriver:

Professional development is not about work-shops and courses; rather, it is at it's heart the development of habits of learning that are far more likely to be powerful if they present themselves day after day (ibid. s. 253).

### *Beprövad erfarenhet*

En lärare kan inte alltid och i alla situationer klara av att ha fokus på lärandeobjektet. Arbetet och arbetets villkor är sådant att det många gånger är tillräckligt krävande att klara av arbetssituationen som sådan och att lärarens fokus då med nödvändighet måste vara riktad mot den situation som råder. Situationen kan också vara så krävande att läraren mot sin vilja tvingas att låta ”eleverna söka sin kunskap själva” inte

bara för att detta utgör någon form av pedagogisk idé hos läraren. Jag tror också, liksom van Manen (1995) att ett alltför stort poängterande av lärares "kritiska reflektion" kan vara till nackdel. En lärare är effektiv inte för att han eller hon tänker innan handlingen, utan just för att läraren kan glömma sig själv och helt låta sig absorberas in i situationen med eleverna. Van Manen (1995) använder begreppet "*pedagogical tact*" och definierar detta som en improviserad pedagogiskt-didaktisk förmåga att ögonblickligen veta hur man ska handla gentemot eleverna i undervisningssituationen. Det är detta jag uppfattar är det som hänt när lärarna i denna studie i dialogen med eleverna lyckas med det som de själva kallat att "*fånga bollarna från eleverna*".

En handling i syfte att åstadkomma ett visst lärande hos eleven anser jag dock kunnat uppstå tack vare att ett fokus på lärandeobjektet har gjorts ett annat erfarenhetslärande möjligt än vad som skulle ha varit fallet om detta fokus saknats. Van Driel m. fl. (2001) skriver att lärare inte vill riskera att förändra det som deras yrkeserfarenhet visat dem fungerar. Den förändring dessa lärare gått igenom är i mina ögon ganska radikal. Genom att flytta fokus från det proceduriella "görandet" till elevernas lärande av innehållet, har också fokus riktats mot den egna kompetensen (Alexandersson, 1994a) och kunskaperna om de aspekter som visat sig kritiska för elevernas lärande har ökat. Lärarna har fått helt nya erfarenheter som visat att det som tidigare togs för givet kanske inte fungerat så väl trots allt. De nya erfarenheterna har prövats och reviderats och med tiden blivit *beprövade* erfarenheter som kunnat införlivas i kompetenta handlingar. Dessa handlingar kan lärarna dessutom i stor utsträckning motivera och uttrycka sig teoretiskt om.

#### *Implikationer för lärarutbildning och lärares kompetensutveckling*

Att lära sig undervisa för förståelse är i sig en process där förståelse utvecklas och aktionsforskning kan kombinera stöd för förändringen med analys av själva förändringsprocessen. Stödet skall då inte enbart bestå i försök att tillhandahålla "säkra metoder" som jag försökte göra under mina första år som lärarfortbildare, utan bestå i att ge struktur till en process som leder till fortsatt professionell utveckling. Detta innebär inte att jag anser att fortbildning, eller lärarutbildning, inte får innehålla metodik eller konkreta undervisningsexempel. Tvärtom anser jag det vara värdefullt att oerfarna lärare får möjlighet att "prova på" sådant som någon annan visat dem. Cantrell m. fl. (2003)

beskriver sådana positiva erfarenheter som en möjlighet att uppnå "mastery" i Wertsch mening, och något som ger en grundläggande och betydelsefull tilltro till den egna förmågan. Ash & Levitt (2003) menar att en lärare som arbetar inom elevens närmaste utvecklingszon samtidigt arbetar inom sin egen, då en kontinuerlig analys av elevens lärande äger rum och ökar lärarens kompetens att hjälpa eleven vidare. Denna interaktion innebär enligt Ash & Levitt en produktiv och gemensam aktivitet som kan leda till inte bara till mastery utan också appropriering av ett gemensamt mål för lärandet. Svagheten med teorin om den närmaste utvecklingszonen är enligt min mening att den inte ger några indikationer på vad interaktionen mellan lärare och elev ska handla om och i mina ögon finns där ett tomrum som variationsteorin skulle kunna vara till hjälp att fylla. Variationsteorin kan då tjäna som ett stöd för att finna ut vad lärarens och elevens samtal ska innehålla med avseende på det lärande som ska åstadkommas.

En slutsats jag dragit av denna studie är alltså när lärarens fokus i huvudsak riktas mot elevernas förståelse och utveckling av särskilda förmågor har detta i sin tur fått betydelse för hur lärarens egen kompetens att undervisa kan fortsätta att utvecklas. Detta pekar på värdet av att lärarutbildning i alla former har de förmågor som ska åstadkommas som utgångspunkt. Lo, Marton, Pang & Pong (2004) refererar till Cohen & Hill som framför att lärares möjligheter att lära är en nyckelfaktor i klassrumspraxis. Sådana möjligheter existerar enligt Cohen & Hill endast om lärare responderar på djupet till vad de förväntas undervisa om och detta är vad som leder till professionell utveckling.

Denna studie har inneburit att ett antal lärare utvecklat sin kompetens att undervisa i naturvetenskap men den har också visat på ett antal kritiska aspekter hos ett specifikt lärandeobjekt som kan vara värdefulla att uppmärksamma och sprida kunskapen om. Lärare ska inte behöva uppfinna hjulet gång på gång. Erfarenheter från denna och liknande studier bör därför spridas i lärarkollektivet via lärarutbildning och i kompetensutvecklingsinsatser av olika slag.

### **Praxisnära forskning**

Regeringspropositionen "En förnyad lärarutbildning" (Regeringen, 2000) understryker att lärarutbildningen ska vila på vetenskaplig

grund och att det vetenskapliga förhållningssättet ska knytas till det arbete som utförs i praktiken, det vill säga till lärares dagliga arbete.

Alexandersson (2005) argumenterar för en tyngdpunktsförskjutning från forskning *om* läraryrket till forskning *i* läraryrket och uttrycker en förhoppning om att det samtal som nu pågår om skolan och läraryrkets kunskapsuppbyggnad och professionaliseringsprocess leder fram till en fördjupad förståelse kring läraryrkets vetenskapliga bas. En kritisk fråga som enligt Alexandersson bör uppmärksammas är den att lärares kunskap benämns som ”praktisk” och forskarnas som ”teoretisk”. Detta leder enligt Alexandersson till den felaktiga synen att läraryrket är ett praktiskt yrke, att kunskapen är praktisk och ”tyst” liksom att lärarna är ”praktiker” eller möjligen ”reflekterande praktiker”. Forskarna står med detta synsätt för ”vetenskapligheten” och lärarna för den ”beprövade erfarenheten”.

Jag kan inte i exempelvis EVAS eller ANNIKAS sätt att vare sig utföra eller tala om sitt arbete se att deras ”beprövade erfarenhet” skulle vara ”tystare”, mindre teoretisk, mindre vetenskapligt giltig eller empiriskt grundad än den form av kunskap jag som akademisk forskare kan komma fram till. I vårt samarbete har jag fått ta del av lärarnas teori, likaväl som de av min, och vi har också tagit del av varandras praxis, den ena praxisen inte mer praktisk än den andra, bara olika och med olika syften. Jag har utgjort ett stöd för lärarna men de har också utgjort ett stöd för mig och vi har lärt tillsammans. Exempelvis har jag tvingats att problematisera och till viss del modifiera de variationsteoretiska begrepp och redskap jag bar med mig in i studien då lärandeobjektets natur och komplexiteten i det som utspelat sig i undervisningen ledde fram till att behovet av attributbegreppet uppstod.

Detta sätt att argumentera skulle enligt Alexandersson (ibid.) kunna innebära att det är kriterierna på vetenskaplighet som inte är tillräckligt läraryrkesrelaterade och att den kunskap som utvecklats i praxisnära forskning av denna typ inte måste vara mindre teoretiskt förankrad och problematiserad än akademisk kunskap. Alexandersson argumenterar för en formering av en praxisnära forskningsarena där lärare studerar den egna yrkesverksamheten med stöd av forskare och/eller forskarutbildade lärare. Mötet mellan lärare och forskare bör då ske kring konkreta kunskapsobjekt och forskningen ha en pragmatisk karaktär. En förutsättning för att den ska upplevas som

meningsfull är att den handlar om läraryrkets kärnfrågor, har hög aktualitet och att resultaten är användbara i nuet (Alexandersson, *ibid.*).

#### *Avhandlingens kunskapsbidrag*

I denna studie har jag och de sex lärarna tillsammans fokuserat ett specifikt kunskapsobjekt och därmed vunnit kunskaper om detta, något som Lo, Marton, Pang & Pong (2004) beskriver som mycket värdefull professionell kunskap för lärare. Avhandlingen kan bidra med kunskaper om vad som kan utgöra kritiska aspekter för vissa sätt att förstå fröväxters livscykel på och belysa hur variationsmönster kan konstitueras som gör de kritiska aspekterna möjliga att urskilja även de yngsta eleverna. Avhandlingen kan också bidra med kunskap om hur lärares kompetens kan beskrivas i termer av förmåga att åstadkomma vissa sätt att se på ett lärandeobjekt liksom med kunskaper om hur denna kompetens kan utvecklas. Det vi har gjort har också haft omedelbar relevans och varit direkt användbart i såväl lärarnas undervisning i skolan, som i min egen undervisning på universitetets lärarutbildning. Det pragmatiska syftet med studien har således uppfyllts. Vårt arbete har också gett oss insikter om hur även andra lärandeobjekt kan studeras. I vårt samarbete på den praxisnära forskningsarenan har vi därigenom utvecklats i våra respektive yrken.

# Summary

## Research question

This study is about teaching and learning of a certain object of learning, the life cycle of angiosperms. The object of learning is also seen as related to general biological phenomena and processes such as sexual reproduction and ecological understanding.

The research question can be formulated as follows:

*How can the different ways of understanding the object of learning be described in terms of the critical aspects that are experienced by the learners, and how are ways of experiencing related to the ways those aspects have been dealt with in the teaching situation?*

## The research area

This study is an example of research with a pragmatic point of departure where both the content and the actions of learning are studied in schools together with the teachers and their pupils. Since the object of learning is about biology, the study is also connected to the research area concerning teaching and learning of natural sciences. The pupils' understanding of biological processes is investigated, and earlier findings from this field of research show, among other things, that pupils have difficulties understanding many biological processes of interest in this study such as for example:

- Sexual reproduction among humans and animals is often well known, but the sexual reproduction among plants is often unknown as well as the function of the flower.
- The origin of the biomass in a plant is often not understood, few pupils know that the invisible gas carbon dioxide from the air is a source of the biomass, and it is also common to believe that plants use soil as “food” in some way.
- Cellular respiration in plants and other kinds of plant metabolism are very seldom known by pupils.

- Understanding of food as a source of both energy and building material is very rare, even at upper secondary level.

(Driver et al., 1994)

In the Swedish National Evaluation 2003, it is concluded that Swedish upper secondary students' understanding of science matters is weak, and has even become weaker since the last evaluation in 1993 (Andersson et al., 2004).

Many researchers have also been interested in teachers' competence development. That research can be described with two metaphors. The "transmission metaphor" means that research should provide teachers with "the right methods" for teaching. The "reflection metaphor" means that the teacher as a "reflective practitioner" should develop professionally (Alexandersson, 2005) in his or her own practice. This study represents a somewhat different approach, as the object of learning is in focus, and the researcher and the teachers collaborate in a process of curriculum improvement (Marton & Morris, 2002).

## **Theoretical framework**

### **Variation theory**

The most important theoretical tool for the study has been the variation theory as it is described by Marton & Booth, (1997), Morris & Marton, (2002), and Marton, Runesson & Tsui (2004). The theory takes the object of learning as the point of departure and claims that what actually comes to the fore of the students' attention is of decisive importance for what is being learnt. The intended object of learning is what the teacher is striving for, but what is decisive for the students is what they actually encounter in the classroom. This is the enacted object of learning, defined as what is possible to learn in the actual learning situation. The lived object of learning is then what the pupils' experience of the enacted object of learning and is strongly linked to the outcome of learning. .

If the object of learning is to make it possible for the students to see certain things in certain ways, it must be made possible for the students to discern certain critical aspects of that object of learning and to discern them simultaneously. The critical aspects that define a



certain way of seeing something must, at least in part, be found empirically for each specific object of learning. The only way to discern the critical aspects is to experience how they can vary, either at the same point in time, or by remembering earlier related experiences. Therefore it is important to pay attention to what is varying and what is invariant in a learning situation. Patterns of variation cannot *cause* learning, but they can make discernment, and thus learning, possible. The space of learning then refers to the patterns of variation inherent in a situation; the space of learning is the enacted object of learning and depicts what is possible to learn.

The space of learning is created by linguistic means in the interaction between teacher and students. The relationship between language and experience is dialectic. The experienced variation enables the student to discern distinctions that are realised in the language, and the linguistic distinction enables the student to discern the variation.

### **Sociocultural perspectives**

Sociocultural perspectives, as in the contributions of Lave & Wenger (1991), Säljö (2000), Vygotskij (1978; 1999), Wells (1999), and Wertsch (1998) were a complementary theoretical framework of the study, as some attention was paid to the role of language and communicative processes in the interaction between the teachers and the pupils. The perspective also affected the way in which the researcher carried out the interviews, for example the use of various artefacts. As a result of the researcher's and the teachers' earlier collaboration, it is possible to say that learning was studied, in Vygotskij's words, "in motion" (Wertsch, 1998). Vygotskij's (1978, 1999) ideas about the zone of proximal development, and about learning as preceding development, were also important. Variation theory was used in the attempts to explore and explain what really happens when teachers interact, especially with respect to *what* they talk about with their pupils within that zone.

### **The object of learning, attributes and critical aspects**

The analysis of data and questions that concerned the characters and delimitations of the critical aspects raised the need for a new concept in the framework of the study, in addition to those offered by variation theory. It was found that the direct object of learning had to be

described more in detail, and the concept of *the attributes* of the object of learning was then established.

The attributes were defined as the different content components of the object of learning that the teachers and their students in one way or another had encountered and talked about. From that it followed that the critical aspects that defined a certain way of seeing the object of learning were defined as *the meaning* of certain identified attributes. The attributes refer to the subject content, and the critical aspects refer to the different ways in which the content components are experienced by the pupils. According to Marton & Booth (1997), the ways of experiencing have a structural aspect as well as a referential aspect, a meaning aspect. New attributes, as well as new relationships between attributes, that were introduced to the pupils changed the structure of the object of learning, but the structural change also changed the meaning of the object of learning.

### **From doing to enriched learning—a background study**

The background of the study is described in a licentiate paper *Från görande till rikare lärande (From doing to enriched learning*. Vikström, 2002). This paper describes an action research project in which six primary school teachers together with the researcher developed science teaching and learning in their schools. As a teacher educator the researcher had worked a great deal with teacher and in-service courses. Experiences from those courses showed that teachers wanted to learn activities that they could imitate in their classrooms, and that they did not ask themselves *what* was learnt by those activities, in other words, they took learning of the content for granted. A belief that an important factor for professional development was to make the teachers focus upon the learning of the content led to the start of the action research study.

The licentiate paper describes four action cycles that were carried out during three semesters. Each action cycle included planning, teaching and evaluation of a biological theme such as “The school garden” or “The Lake”. The overall aim was ecological understanding and making the teachers reflect and focus upon their students’ learning as well as upon their own understanding of the content.

The main results of the study in the licentiate paper were described as critical factors for the teachers' professional development in science teaching. The factors found to be important were whether the teachers focused upon learning of the content at all, to what extent they were able to focus upon qualitative aspects of the content, and if they were able to focus upon, and analyse, their students' understanding of those aspects. They understood the ecological content better themselves. They had also learned how to analyse their students' understanding and increased their awareness of how to use that knowledge as a point of departure for increasing the pupils' understanding. A conclusion was that the teachers' opportunities to learn in their own practise had increased. The six teachers participating in the study all changed the way in which they reflected upon, and talked about their work, but the question whether this change in reflective focus promoted their pupils' learning or not was not answered.

The background of the research question in this doctoral thesis is found in the action research study described above. The same six teachers participated, but this time the pupils' learning was also of great interest, as the aim now was to study the relationship between the teachers teaching and the pupils' learning.

## **Method**

### **Data collection**

Knowing about the lifecycle of angiosperms is part of the Swedish national biology curriculum of the fifth school year. This object of learning was in focus throughout the study. The project started with meetings where the six teachers together with the researcher established what was considered to be the intended object of learning. It was agreed that it could involve being able to answer questions such as: What is a seed? How is the seed formed? What is inside a seed? What happens when the seed germinates and the plant grows and reproduces again?

The teachers were free to design their lessons as they wished and eight or nine lessons were carried out by each teacher. The researcher first observed one or two of the lessons, and then video-recorded the last one. The teachers were told to sum up the lifecycle as a whole in that

last lesson, and all the questions mentioned above were therefore dealt with during that video-recorded lesson. The video-recorded lessons were interpreted by the researcher, with a focus on the enacted object of learning and the created patterns of variation. A stimulated recall interview with each teacher was then carried out, and that interview provided data about the teachers' interpretations of their own teaching.

Eighteen students, age seven to twelve, were interviewed before and after the lessons. During the interviews, different kinds of artefacts, like seeds and plants, were used to help the pupils to answer the questions. The researcher's knowledge of the previous experiences that the pupils have had of the object of learning and what they had encountered during the lessons was important for creating an interview situation where it was possible for the researcher and the pupils to share a common ground and focus on the same aspects of the object of learning.

Both the video recordings and the interviews were transcribed verbatim. This research design made it possible to get a picture of how both the teachers and the pupils related to the object of learning.

## **Analysis**

The first part of the analysis was made on the individual level. The students' learning was analysed against the background of their teachers' teaching. Preliminary critical aspects that defined varying ways of experiencing the object of learning were identified. The interview situation itself and the patterns of variation created there were also taken into consideration. During this part of the analysis the need for the concept of 'attributes' became clear. The attributes that were found in the data, representing the content components of the object of learning, were identified and investigated with respect to their qualitative characteristics. The patterns of variation formed in relation to the attributes, and the role that the character of an attribute played in constituting those patterns, were also analysed with respect to what they meant to the experienced meaning of the object of learning. The analysis finally resulted in categories of description on a collective level. Different ways of understanding the object of learning were defined by the critical aspects experienced by the pupils, and

those aspects were compared with aspects in the enacted object of learning.

## **Results**

An overall result of this study is that it is possible for even very young pupils to develop their understanding of abstract and complex biological processes, if that possibility is offered to them in school. The possibilities are in turn dependent upon the teachers' competence, especially their competence to create patterns of variation in relation to the critical aspects of the object of learning.

### **Characteristics of the attributes**

It was found that the attributes could be either specific or general with respect to the object of learning. A specific attribute is an attribute that refers to the specific object of learning, while a general attribute can refer also to other objects of learning. The specific attributes were found to be dependent on the general ones in order to get a more complex meaning. When the students encountered and experienced a general attribute together with a specific one, this could change the very meaning of the specific attribute. A characteristic of the attributes was also the presence, or absence, of a physical reference, which here refers to a link to a visible object or process, such as a flower or a burning fire. Some attributes were also found to be more central than others in constituting a certain way of understanding the object of learning.

The characterisation of the attributes and the analysis of the relationships between them led to conclusions about the role that the character played in creating patterns of variation and constituting the space of learning. It was found that some parts of the object of learning represented knowledge that was shared among all students in the sense that they were attributes they all seemed to understand in a similar way. Those attributes had certain qualities in common: They were all specific to the object of learning, most of them had a physical reference, and they were understood independently of general attributes. Most important was the fact that patterns of variation were possible to create with respect to the specific attribute.

The variation in understanding the object of learning was seen against the background of the shared knowledge. When the ways of seeing

varied in the group, the defining critical aspects, that is, the experienced meaning of certain identified attributes, also had characteristics in common: They were dependent on patterns of variation and physical references that were possible to create only through their relationship to general attributes. Metaphors used were also found to play an important role in creating patterns of variation and giving an attribute a certain meaning, especially when the attribute concerned abstract phenomena and processes.

All attributes identified in the data material were not accounted for in the result description. The variation that forms the different categories of description focuses on the object of learning with respect to the aspects that were found to be the most interesting. This variation is described in two different themes; theme A concerns questions with significance for general understanding of sexual reproduction and theme B concerns questions with significance for ecological understanding.

### **Theme A "The seed forms in the flower"**

This theme involves questions about the origin of the seed, but it also involves understanding of the genetic and evolutionary importance of sexual reproduction from a general point of view.

The shared knowledge in this theme was attributes specific to the object of learning. Examples of such attributes are that the seed develops in the flower's carpel as a result of pollination with pollen from a stamen. Inside the seed there is an embryo which is something that can develop into a new plant. Patterns of variation, as well as physical references, were formed with respect to the specific attributes, such as different kinds of flowers and examples of different kinds of pollination.

The variation in the theme concerns the further development of the meaning of the word *embryo*, which is the specific attribute concerning the fact that inside a seed there is an embryo that can develop into a new plant.

#### Category 1A.

In this category the word *embryo* is no more than a new word for something that was already well known: inside a seed there is

something that can develop into a new plant. The critical aspects are that the difference between pollination and fertilisation is unclear, and fertilisation with sperms and egg cells among plants is unknown. This leads to difficulties in understanding that the embryo in the seed is a result of fertilisation, in plants as well as in other organisms. General attributes of sexual reproduction, common to all sexual reproductive organisms, are not discerned.

*Category 2A:*

In this category the difference between the specific attribute of pollination and the general and central attribute of fertilisation becomes clear. The embryo is a result of the fertilisation, in plants as well as in other organisms. Patterns of variation that make the discernment of the general attribute of fertilisation possible, are formed in the learning situations through a lot of examples from other organisms such as animals and humans. Eggs, sperms and fertilisation are then invariant while the different organisms with sexual reproduction are varying. A special case is shown by the attribute of double fertilisation, which four of the six teachers presented. The double fertilisation means that two cells in the carpel are fertilised by two sperms, one of which develops into the food supply in the seed and the other into the embryo, This specific attribute seems to have affected the pupils' understanding of the origin of the embryo. The metaphors used also point out the similarities among all sexual reproducing organisms such as "mummy", "daddy" and "baby".

*Category 3A:*

In this category, the general attribute of the hereditary characters of the embryo is discerned, also through patterns of variation formed through examples from other organisms than plants. This also turned out to be a basis for a more general understanding of evolution, as the different genes in the gametes give rise to the variation in the offspring.

Table A. shows patterns of variation formed by the six teachers compared to categories of understanding expressed by their pupils.

*Table A. The relation between teaching and learning*

<b>Teacher</b>	<b>Invariant / variant</b>	<b>Categories</b>
Annika	The flowers' sexual organs / different species. Pollination / different kinds. Sexual reproduction, eggs, sperms / plants, animals, humans.	2A  (The embryo is a result of fertilisation)
Birgit	The flowers' sexual organs / different species. Pollination / different kinds. Double fertilisation, two sperms / food supply, embryo.	1A (the origin of the embryo unclear)  2A
Cajsa	The flowers sexual organs / different species. Pollination / different kinds.	1A  2A
Doris	The flowers' sexual organs / different species. Pollination / different kinds. Double fertilisation, two sperms / food supply, embryo.	1A  2A
Eva	The flowers' sexual organs / different species Pollination / different kinds. Sexual reproduction, eggs, sperms / plants, animals, humans. Double fertilisation, two sperms / food supply, embryo.	2A
Frida	The flowers' sexual organs / different species Pollination / different kinds. Double fertilisation, two sperms / food supply, embryo. Sexual reproduction, eggs, sperms, genes / plants, animals, humans, relatives, generations.	3A

*Conclusions for theme A*

It may be concluded that it is an advantage to make it possible for the pupils to see the embryo in the seed in this more general sense, since this makes it possible for the pupils to see plants, animals and



themselves as humans in an evolutionary perspective, which is an overall aim for the Swedish national biology curriculum.

The similarities between the six teachers' ways of handling the object of learning may explain some of the similarities in the pupils' shared knowledge. and the differences may in turn explain some of the variation in the pupils' understanding. The pupils had knowledge of sexual reproduction before this study, which may be one reason for the connections between teaching and learning not being as obvious as they turned out to be in theme B.

### **Theme B “The seed and the plant grow”**

This theme concerns questions about how the seed germinates and the plant grows. Since this involves processes like photosynthesis and cellular respiration, the theme also concerns the transformation of matter and flow of energy through the ecosystems. The object of learning in this theme may therefore be said to be ecological understanding in the context of the angiosperm lifecycle.

The shared knowledge in this theme is specific attributes about seeds containing a food supply that they can use during germination and until they have developed green leaves above the surface. It is also shared knowledge that green plants produce sugar and oxygen in their photosynthesis out of water and carbon dioxide and that the sun is important in this process. Sugar is then used by the plant as some kind of "food". It is also known by all students that both seeds and plants "breathe", where breathing then means that air is important and includes some sort of gas exchange with the environment. Photosynthesis as an object of learning was something the pupils had encountered before in different contexts.

The variation in this theme concerns understanding of the function of the sugar and the oxygen produced in photosynthesis. The meaning of specific attributes concerning this could develop further in different ways.

#### *Category 1B:*

In this category sugar is seen as something that gives the plant "food", but the function of the "food" is not clear; it is seen as necessary for the plant "to live and grow". The food supply in the seed is also "used for growing" and seeds and plants "breathe in the "same way as we

do” and breathing is seen as just a transport of gases in and out of the seed or the plant. Like humans, the seed or the plant cannot live without air. The function of the oxygen is not clear, and it is not understood that the oxygen is needed to combust the sugar in cellular respiration. Metaphors used to describe the importance of air are that without it, the seed can “suffocate”, and that too much water may cause the seed to “drown”.

*Category 2B:*

In this category a central attribute is that sugar is seen as a building material in the plant. The plant itself is built up with sugar with the help of the energy from the sun. The function of oxygen is, on the other hand, not clear, and cellular respiration is seen as something that only occurs in animals and humans. The meaning of attributes concerning photosynthesis and the role of sugar and the solar energy are developed through metaphors. Plants “build sugar” out of carbon dioxide and water. Energy from the sun is important so that the plant can “manage to build sugar” and then plants “use the sugar as building blocks” for further building. Those metaphors made it possible for the pupils to discern not only that plants are built up from carbohydrates with glucose as the monomer, but also the general attribute that work demands energy, even if it is work carried out by a plant. This means that in this category it is understood that there is a difference between matter and energy.

*Category 3B:*

Compared to category 2B, in this category the attribute of sugar as a building brick is *exchanged* for another central attribute. Sugar is now seen as *fuel* in the cellular respiration and oxygen is needed in the process. The meaning of this attribute is dependent on patterns of variation that in the learning situation were formed by various examples of the general attributes of combustion. In all combustion processes the need for fuel and oxygen, the formation of carbon dioxide and water, and the loss of energy are invariant, but the contexts can vary, as in an engine, an open fire, a compost and cells in plants, animals and humans. A metaphor used to explain this is for example that cellular respiration is when the plant, or the embryo in the seed, “eats the food”, which means that the sugar produced in photosynthesis is combusted together with oxygen. The food supply in the seed is seen as “a meal packed by mummy Plant”, and this

metaphor refers to the fact that it is the photosynthesis in the mother plant that is the process behind the food supply in the seed.

*Category 4B:*

This category is hierarchically above the previous ones in the theme and includes them all. In this category it is possible to reach some kind of understanding that matter circulates and energy flows through the nutrition chains in the ecosystems. The most important critical aspects are the simultaneous discernment of the attributes of sugar as *both* building material and fuel, and the discernment of the attribute that photosynthesis transforms energy from the sun into chemical energy available to other living organisms. Patterns of variation are formed in the same ways as in the categories 2B and 3B, but here the fusion between the two functions of sugar is focused on and clarified. An example of a used metaphor that shows that fusion is that plants need to “eat some of the sugar themselves so they can manage to go on building”. Plants also “make the food of all living things” and “all living things respire”, which means that they “eat and combust their food with oxygen”

Table B shows patterns of variation formed by the six teachers compared to categories of understanding shown by their pupils.

*Table B. Summary of the relation between teaching and learning in theme B.*

<b>Teacher</b>	<b>Invariant / variant</b>	<b>Categories</b>
Annika	<p>Germination / various conditions.</p> <p>Photosynthesis / producing sugar, nourishment, food.</p> <p>Photosynthesis / different contexts (repetition).</p> <p>Oxygen / different combustion processes.</p> <p>Fuel / sugar, food, wood.</p> <p>Respiration / seeds, plants, animals, humans.</p> <p>Respiration / combustion, eating.</p> <p>Storage of food / food supply in the seed, roots, bulbs, package of food.</p>	<p>3B</p> <p>(Sugar as fuel)</p>
Birgit	<p>Germination / various conditions.</p> <p>Photosynthesis / producing sugar, nourishment, food.</p> <p>Photosynthesis / different contexts (repetition).</p> <p>Breathing / other living organisms (condition for survival).</p>	<p>1B (function unclear)</p>
Cajsa	<p>Germination / various conditions.</p> <p>Photosynthesis / producing sugar, nourishment, food.</p> <p>Photosynthesis / different contexts (repetition).</p> <p>Building materials / carbon dioxide + water, sugar, building blocks.</p> <p>Photosynthesis / other kinds of work.</p> <p>Process / photosynthesis – plant, respiration – humans and animals.</p>	<p>2B (sugar as a building material)</p> <p>3B (sugar as fuel)</p>
Doris	<p>Germination / various conditions.</p> <p>Photosynthesis / producing sugar, nourishment, food.</p> <p>Photosynthesis / different contexts (repetition).</p> <p>Building materials / carbon dioxide + water, sugar, building block</p> <p>Demands /plants-CO<sub>2</sub>, humans-O<sub>2</sub></p>	<p>1B</p> <p>2B</p>

Eva	<p>Germination / various conditions.</p> <p>Photosynthesis / producing sugar, nourishment, building glucose, food.</p> <p>Photosynthesis / different contexts (repetition).</p> <p>Building materials / carbon dioxide + water, sugar, building blocks.</p> <p>Combustion / different contexts.</p> <p>Oxygen / different combustion processes.</p> <p>Fuel / sugar, food, wood.</p> <p>Respiration / seeds, plants, animals, humans.</p> <p>Respiration / combustion, eating, decomposition of glucose.</p> <p>Photosynthesis / other kinds of work.</p> <p>Building materials / carbon dioxide + water, sugar, food, building blocks.</p>	<p>1B</p> <p>4B (sugar both fuel and building material)</p>
Frida	<p>Germination / various conditions.</p> <p>Photosynthesis / producing sugar, building glucose, food, nourishment.</p> <p>Photosynthesis / different contexts (repetition).</p> <p>Combustion / respiration, decomposition of glucose.</p> <p>Fuel / sugar, wood, food.</p>	<p>1B</p> <p>3B</p>

### *Conclusions for theme B*

The four categories can be hierarchically ordered, with 4B as the most complex and inclusive, 3B and 2B on the same level, including different central attributes and 1B as the least complex category. It may be concluded that the understanding of the object of learning represented in category 4B is well in accordance with the overall aim in the Swedish biology curriculum that pupils should develop knowledge about the organisms' interplay with each other and the environment. It may also be concluded that by forming patterns of variation, mostly with the help of general attributes, it is made possible for young pupils to talk about abstract biological phenomena in a meaningful way and to increase their ecological understanding.

In this theme the connections between teaching and learning are more obvious than in theme A in the sense that differences and similarities

between what is enacted and what is experienced are clear. For example, it is not possible to experience sugar as both fuel and building material in the plant, if that possibility is not offered through discernment of patterns of variation in the learning situation. The pedagogical value of the metaphors differs, and some of them, like the metaphor “the seed is suffocating”, close the space of learning, but some of them, like “cellular respiration means that the embryo eats the food supply” widen it. Whether metaphors should be considered useful or not is therefore an empirical question and a question that can be answered only with respect to the intended object of learning.

### **Comparison between themes A and B**

A comparison between theme A and theme B shows that the specific attributes in theme B are more dependent on general attributes for getting a complex meaning than the specific attributes in theme A. It also shows that more metaphors are used when the object of learning is more abstract and that physical references are harder to give in a direct sense. Some experiments and living examples were found to provide a direct understanding, for example the difference between carpels and stamens and the seed needing a certain temperature to germinate. Experiments used to illustrate abstract processes, like cellular respiration, were to a great extent dependent on relationships with general attributes that could be formed only through the linguistic interaction between the teacher and the pupils.

In the study it is clearly shown that different spaces of learning can be created depending on how the attributes of the object of learning are dealt with. It may be concluded that the teachers’ ability to use general attributes, that is, examples from outside the specific object of learning, is of decisive importance for the meanings of the specific attributes experienced by the pupils. This is seen as a consequence of the fact that life sciences concern processes on many levels, from atoms to the biosphere. From this it follows that if the teacher’s intended object of learning will ever become an enacted and a lived object of learning, it is important that the teacher is able to see the critical aspects of a certain way of understanding and to form the patterns of variation that make them possible to discern. With the knowledge of the pupils’ understanding, the teacher can make it possible for the pupil to discern new attributes and relationships among attributes that change the relation between the pupil and the object of learning. The pupil will then learn what was intended.

## **Discussion**

### **Quality issues of the study**

The aim of this study has not been to find out how pupils as individuals understand, or teachers as individuals teach, but to explore different kinds of understanding and teaching on a collective level.

The categories of description may be useful in understanding what may be critical in teaching this particular object of learning. The data material and methods used are seen as sufficient for this purpose. Naturalistic generalisations can be made, meaning that this result may be seen as relevant and valid for other teachers and pupils in similar situations. The six teachers participating in the study have taken part of the result and found it trustworthy and recognisable.

### **Pupils' learning, teachers competence and research close to practice**

The result of this study shows, in contrast to some earlier research, that it is possible for young pupils to develop their understanding of abstract biological processes, and it also shows the connection between this understanding and the teachers' competence. A conclusion that can be made, if the licentiate thesis and this study are looked at as a whole, is that it is not impossible to develop primary school teachers' competence in teaching science in a way that clearly promotes their pupils' learning.

#### *Pupils' learning*

The pupils' learning can be seen as an improved and increased potential of meaning in the object of learning, but this potential also includes the development of acting, talking and thinking that makes it possible for the learner to participate in continuous intellectual activities that leads to further learning.

### **How is understanding developed?**

Language is the most important tool for forming specific relationships between the pupil and the object of learning, but also the most important tool for a researcher or a teacher who wants to find out what that relationship looks like. Students can learn to use new words without really changing their understanding of the concept that the word stands for. Good examples that point out the critical aspects can

help the pupils to develop a more general understanding of scientific concepts useful in different contexts. By experiencing variation with respect to critical aspects, it may become possible for the pupils to experience differences and similarities, such as the difference between pollination and fertilisation, and the resemblance between combustion in the cell and an open fire.

*What must be offered in the learning situation?*

Feedback from the teacher is seen as an important factor for making learning possible. It is then important that the feedback take as its point of departure the pupils' understanding of the content but also the understanding aimed for, that is, the intended object of learning. The purpose of education is that the intended, the enacted and the lived objects of learning are brought closer to one another, and a premise for this is the teachers' ability to focus upon both the content to be learnt and the pupils' relationships to that content; the object of learning includes both (Marton, Runesson & Tsui, 2004). It is then possible for the teacher to work within the pupils' zone of proximal development (Vygotskij 1978; 1999) and scaffold the pupil to further understanding by forming patterns of variation that make it possible for the pupil to discern the critical aspects.

*What competence is required of the teacher?*

An ability to present a certain object of learning in a certain way presupposes that the teacher has the ability to see it in that way too (Runesson, 1999). It also presupposes that the teacher has confidence in the pupils' ability, and a deliberate intention to make the pupils understand the content in that way. In this study the teachers increased their confidence in their own ability to teach science, but also their confidence in the pupils' abilities to learn and understand things they had believed were too difficult to understand for children of this age. Questions about what it means to understand something in a certain way are important to discuss among teachers, and the curriculum can then become a lived, evolving curriculum and a part of an increasing professional knowledge (Marton & Morris, 2002).

*How is teachers' competence developed?*

By focusing on the object of learning, the six teachers in this study developed their competence in science teaching in a way that would hardly have been possible, if they had continued focusing on processes and activities as they did in the beginning of the action



research study described in the licentiate thesis. The focus upon the object of learning has made parallel learning for both the pupils and the teachers possible within their respective zones of proximal development.

*Implications for science teaching and teachers' competence development*

It is the responsibility of the teacher to make the meeting in the space of learning possible. Maybe the most important question a teacher should ask is "What is it that should be learnt and achieved?" It is then important to find the specific critical aspects of that object of learning, and this is something that it is possible for a teacher to do in her or his own practice together with colleagues, with or without the support of a researcher. Variation theory is then a valuable tool. It is not a question of finding the right methods or the right ways to organise the learning situation, it is a question of finding out what it means to understand something in a certain way. This way of understanding can then be described in terms of the critical aspects that must be discerned simultaneously. The opportunity to learn is in turn provided by the created patterns of variation, which make discernment of critical aspects possible. The teachers' professional competence, meaning their competence for promoting pupils' learning by forming patterns of variation, can then also be developed. By accumulating knowledge about various objects of learning, teachers can develop their competence for doing their job. An overall conclusion is that collaboration between researchers and teachers in such a process of curriculum improvement is a way to increase and accumulate teachers' professional knowledge (Marton & Morris, 2002).



## Referenser

- Adams, A.D. & Griffard, P.B. (2001). Analysis of Alternative Conceptions in Physics and Biology: Similarities, Differences, and Implications for Conceptual Change. Paper presented at the Annual meeting of the National association for Research in Science Teaching. St Louis Mars 2001. *Eric Database 463 954*
- Adawi, T., Berglund, A., Booth, S. & Ingerman, Å. (2001). On context in phenomenographic research on understanding heat and temperature. Ingår i Ingerman, Å. (2002). *Exploring two facets of physics. Coherent current transports in superconducting structures. Phenomenographic studies of sense making in physics*. Göteborg: Department of Microelectronics and nanoscience. Chalmers university of technology. Göteborg university.
- Allal, L. & Pelgrims Ducrey, G. (2000). Assessment of-or in-the zone of proximal development. *Learning and Instruction* s. 137-152
- Alexandersson, M. (1994a). *Metod och medvetande*. Göteborg studies in educational sciences 96. Acta universitatis Gothoburgensis.
- Alexandersson, M. (1994b). Fördjupad reflektion bland lärare — för ökat lärande. Ur Madsén, T. *Lärares lärande*. Lund: Studentlitteratur.
- Alexandersson, M. (2005). Praxisnära forskning och läraryrkets vetenskapliga bas. Ingår i R. Säljö & B. Sandin *Utbildningsvetenskap-ett kunskapsområde under formering*. Carlssons förlag.
- Anderberg, E. (2000). Word meaning and conceptions. An empirical study of relationships between students' thinking and use of language when reasoning about a problem. *Instructional Science*. Vol. 28 s. 89-113.
- Andersson, B. (2000). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap. Forskningsresultat som ger nya idéer*. Göteborg: Göteborgs universitet: Institutionen för pedagogik och didaktik. Enheten för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Emanuelsson, J. & Zetterqvist, A. (1993a). *Nationell utvärdering åk 9. Vad kan eleverna om materia?* Rapport NA-

SPEKTRUM 1993:5. Göteborg: Göteborgs universitet. Institutionen för ämnesdidaktik.

Andersson, B., Emanuelson, J., & Zetterqvist, A. (1993b). *Nationell utvärdering åk 9. Vad kan eleverna om ekologi och människokroppen?* Rapport NA-SPEKTRUM 1993: 6. Göteborg: Göteborgs universitet. Institutionen för ämnesdidaktik.

Andersson, B., Bach, F., Olander, C., Zetterqvist, A., (2004). Grundskolans naturvetenskap—utvärderingar 1992 och 2003 samt en framtidsanalys. *IPD rapporter NA SPEKTRUM Nr 24* 2004:10 Göteborg: Göteborgs universitet. Institutionen för pedagogik och didaktik.

Appleton, K. (2003). How Do Beginning Primary Science School Teachers Cope with Science? Towards an understanding of Science Teaching Practice. *Research in Science Education*. Vol. 33 s. 1-25.

Ash, D. & Levitt, K. (2003). Working within the Zone of Proximal Development: Formative Assessment as Professional development. *Journal of Science Teacher Education*. Vol. 14 (1). s. 23-48

Cantrell, P. , Young, S. & Moore, A. (2003) Factors Affecting Science Teaching Efficacy of Preservice Elementary Teachers. *Journal of Science Teacher Education*. Vol. 14 (3) s.177-192

Carvalho, G.S., Silva, R., Lima, N., & Coquet, E., (2004). Portuguese primary school children's conceptions about digestion: identification of learning obstacles. *International Journal of Science Education*. Vol. 26, (9) s. 111-1130

Carlgrén, I. (1998). Professionalism som reflektion i lärares arbete. Ingår i *Lärarprofessionalism—om professionella lärare*. Stockholm: Lärarförbundets förlag.

Carlgrén, I. (1999). Pedagogiska verksamheter som miljöer för lärande. Ingår i I. Carlgrén (red.) *Miljöer för lärande*. Lund: Studentlitteratur

Carlgrén, I. & Marton, F. (2000). *Lärare av i morgon*. Pedagogiska Magasinets skriftserie Nr 1. Stockholm: Lärarförbundets Förlag

- Carlsson, B. (1999). *Ecological Understanding. A space of variation*. Centrum för forskning i lärande 39. Luleå: Luleå tekniska universitet.
- Carlsson, B., (2002). *Dramatiskt lärande. Elever lär om materia och fotosyntes*. Forskningsrapport 2002:17 Luleå: Luleå tekniska universitet.
- Carr, W. & Kemmis, S. (1986). *Becoming Critical. Education, knowledge and Action Research*. London: Falmer Press
- Dahncke, H. (2001). Science Education versus Science in the Academy: Questions-discussions-perspectives. Ingår i H. Behrendt *Research in Science Education-Past, present and future*, s.43-48. Kluwer Academic Publishers.
- Dewey, J. (1933). *How We Think. A restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*. Chicago: D.C. Heath.
- Dimenäs, J. (2001). *Innehåll och interaktion. Om elevers lärande i naturvetenskaplig undervisning*. Göteborg studies in educational sciences 154. Acta Gothoburgensis universitatis.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinsson, V. (1994). *Making sense of secondary science-research into childrens ideas*. London. New York: Routledge. Falmer.
- Elliot, J. (1991). *Action Research for Educational Change*. Philadelphia: Open University Press. Milton Keynes.
- 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 studies of educational sciences 168. Acta universitatis Gothoburgensis.
- Eskilsson, O. (2001). *En longitudinell studie av 10-12 åringars förståelse av materians förändringar*. Göteborg Studies in Educational Sciences 167. Acta universitatis Gothoburgensis.

- Fensham, P.J. (2001). Science Content as Problematic Issues for Research. Ingår i H. Behrendt *Research in Science Education, Past, Present\_ and future*. s. 27-41. Kluwer Academic Publishers
- Fosnot, C., (1993). Comments and criticism. Rethinking Science Education: A Defense of Piagetian Constructivism. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 30, no 9, s. 1189-1201
- Fullan, M. (2001). *The New Meaning of Educational Change*. New York: Teachers College Press.
- Griffith, M. & Tann, S. (1992). Using reflective Practice to link Personal and Public Theories. *Journal of Education for Teaching*. Vol. 18 s. 69-84
- Gunstone, R. & White, R. (2000). Goals, methods and achievements of research in science education. Ingår i R. Millar, J. Leach, och J. Osborne *Improving Science Education. The contribution of research*. Philadelphia: Open University Press.
- Haglund, B. (2003). Stimulated Recall –några anteckningar om en metod att generera data. *Pedagogisk forskning i Sverige*.
- Haglund, B. (2004). *Traditioner i möte. En kvalitativ studie av fritidspedagogers arbete med samlingar i skolan*. Göteborg studies in educational sciences 224. Acta universitatis Gothoburgensis
- Hammersley, M. & Atkinson, P. (1995). *Ethnography. Principles in Practice*. London. New York: Routledge
- Handal, G. & Lauvås, P. (1987). *Promoting Reflective Teaching* Milton Keynes. UK: Open University Press
- Hattie, J. (1992). Measuring the effects of schooling. *Australian Journal of Educational Research*. Vol. 11. s. 155-164
- Heikkilä, M. & Sahlström, F. (2003). Om användning av videoinspelning i fältarbete. *Pedagogisk forskning i Sverige*. Årg. 8 Nr 1-2, s.24-41

- Helldén, G.(1992). *Grundskoleelevers förståelse av ekologiska processer*. Studia psychologica et pedagogica. Series Altera C. Stockholm: Almqvist & Wiksell International.
- Helldén, G. (1995a). Environmental Education and pupils' conceptions of matter. *Environmental Education Research*. Vol. 1(3)
- Helldén, G. (1995b) En longitudinell studie av elevers förståelse av ekologiska processer. Ingår i *Aktuell NO-didaktisk forskning i Sverige. En konferensrapport*. Stockholm: Skolverket.
- Helldén, G. (1999). En longitudinell studie av elevers tankar om blommans roll. Ingår i L. Aho & J. Viiri (red.). *Undervisning i naturvetenskap ur kultur-, teknologi- och miljöperspektiv. Rapport från det sjätte nordiska forskarsymposiet om undervisning i naturvetenskap i skolan. Joensuu 12-16 juni, 1999*.
- Helldén, G. & Solomon, J. (2003). The Persistence of Personal and Social Themes in Context: Long- and Short-Term Studies of Students Scientific Ideas. *Publicerad online 9 augusti 2004 i Wiley-InterScience*. ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)).
- Hewson, P.W., Tabachnick, B.R., Zeichner, K.M., & Lemberger, J. (1999). Educating Prospective Teachers in Biology: Findings, limitations and recommendations. *Science Education*. Vol. 83, s. 373-384
- Hempel, C. (1966). *Vetenskapsteori*. Lund: Studentlitteratur
- Holgersson, I. & Löfgren, L., (2004). A Long-term Study of Students' Explanations of Transformations of Matter. *Canadian Journal of Science, mathematics and Technology Education*. Vol. 4. no 1.
- Jenkins, E.W. (2001). Research in Science Education in Europe: Retrospect and prospect. Ingår i H. Behrendt *Research in Science Education- Past, Present and Future*. s. 27-41 Kluwer Academic Publishers.
- Jordan, B. & Hendersson, A. (1995). Interaction analysis. Foundations and Practice. *The Journal of the Learning Sciences* 4. Lawrence Erlbaum Associates. <http://www.lifescapes.org/Papers/94%20IA%IRL.pdf>

- Kvale, S. (1997). Den kvalitativa forskningsintervjun. Lund: Studentlitteratur
- Lager-Nyqvist, L. (2003). *Att göra det man kan-en longitudinell studie av hur sju lärarstudenter utvecklar sin undervisning och formar sin lärarroll i naturvetenskap*. Göteborg studies in educational sciences 195. Acta univesitatis Gothoburgensis.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press
- Lakoff, G. & Johnson, M., (1999). *Philosophy in the flesh. The embodied mind and its challenge to western thought*. New York: Basic Books
- Lave, J.& Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. New York: Cambridge University Press.
- Leach, J. & Scott, P. (1999). *Teaching and learning science: Linking Individual and Sociocultural Perspectives*. Paper presenterat vid The Biennial Meeting of European Association of research in Learning and Instruction, augusti 1999, Göteborg.
- Lee, C., & Krapfl, L. (2002). Teaching as You Would Have Them Teach: An Effective Elementary Science Teacher Preparation Program. *Journal of Science Teacher Education*. Vol. 13 (3) s. 247-265.
- Lemke, J.L. (1990). Talking Science. Language, learning and values. Language & Educational processes. Norwood. New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Linder, C. (1993). A Challenge to Conceptual Change. *Science Education*. Vol. 77(3), s. 293-300
- Linder, C. & Marshall, D. (2003). Reflection and phenomenography: towards theoretical and educational development possibilities. *Learning and Instruction*. Vol. 13, s. 271-284
- Lo, Marton, Pang & Pong (2004). Towards a pedagogy of learning. Ingår i F. Marton & A. Tsui (Ed.) *Classroom Discourse and the Space of Learning*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate Publishers



- Lybeck, L. (1981). *Arkimedes i klassen. En ämnespedagogisk berättelse.* Göteborg studies in educational sciences 37. Acta universitatis Gothoburgensis.
- Madsén, T. (2002). Återupprätta läraren! *Pedagogiska Magasinet* Nr 3.
- Marton, F. (1995). Cognosco ergo sum. Reflections on reflections. *Nordisk pedagogik.* Vol. 15 Nr 3
- Marton, F. (2000). The practice of learning. *Nordisk pedagogik.* Vol.20 , nr 4
- Marton, F. & Booth, S. (1997). *Om lärande.* Lund: Studentlitteratur
- Marton, F. & Morris, P. (2002). *What matters? Discovering critical conditions of classroom learning.* Göteborg studies in educational sciences 181. Acta universitatis Gothoburgensis.
- Marton, F. Runesson, U.& Tsui, A. (2004). The Space of Learning. Ingår i F. Marton & A. Tsui (Ed.) *Classroom Discourse and the Space of Learning.* Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate Publishers
- Marton, F., Watkins, D. & Tang, C (1997). Discontinuities and continuities in the experience of learning. An interview study of high-school students in Hongkong. *Learning and Instruction* Vol 7 (1) s. 21-48
- Marton, F. & Trigwell, K. (2000). Variatio Est Mater Studiorum. *Higher Education research and development* vol. 19, No. 3
- McNiff, J., (2002). *Action research. Principles and Practice.* London: Routledge
- Mercer, N. (1995). The guided construction of knowledge. Talk Amongst Teachers and Learners. London: Multilingual Matters ltd.
- Millar, R. Leach, J. Osborne, J. (2000). (red.) *Improving Science Education. The contribution of Research.* Buckingham. Philadelphia: Open University Press.

- Pang, Ming-fai (2003). Two faces of Variation. On continuity in the phenomenographic movement. *Scandinavian Journal of Education Research* Vol.47 (2)
- Perkins, D. (1998). What is Understanding? Ingår i M. Stone-Wiske (Ed.) *Teaching for understanding. Linking Research with Practice* San Francisco: Jossey-Bass
- Piaget, J. (1980): *The Childs Conception of the World*. London: Paladin
- Pintó, R., Couso, D. & Guiterrez (2004). Using Research on Teachers Transformations of Innovations to Inform Teacher Education. The Case of Energy Degradation. *Published online WileyInterScience*([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)).
- Pfundt, H. & Duit, R. (1994). *Students' alternative frameworks in Science Education*. Kiel: IPN
- Posnanski, T. (2002). Professional Development Programs for Elementary Science teachers: An analysis of Teacher Self-efficacy Beliefs and a Professional Development Model. *Journal of Science Teachers education*. Vol. 13 (2) s.189-220.
- Psillos, D. (2001). Science Education researchers and research in transition: issues and policies. Ingår i H. Behrendt. *Research in science Education-Past-Present and Future*. s. 11-16. Kluwer Academic Publishers.
- Ott, A. (2000). Att lära för skolan eller för livet? *Nordisk Pedagogik*. Vol. 20 nr 2
- Osborne, J. & Simons, S. (1996). Primary Science: Past and future directions. *Studies in Science Education*. s. 99-147
- Regeringen (2000) *Regeringens proposition 1999/2000:135: En förnyad lärarutbildning*. Stockholm: Riksdagen
- Revans, R.W. (1982). *The Origin and Growth of Action Learning*. Lund: Cartwell Bratt/Studentlitteratur

- Roberts, D.A. & Östman, L. (eds.) (1998). *Problems of meaning in Science Curriculum*. New York: Teachers College Press
- Rovio-Johansson, A. (1999). *Being good at teaching. Exploring different ways of handling the same subject in Higher Education*. Göteborg Studies in Educational Sciences 140. Acta Universitatis Gothoburgensis
- Runesson, U. (1999). *Variationens pedagogik. Skilda sätt att behandla ett matematiskt innehåll*. Göteborg Studies in educational sciences 129. Acta Universitatis Gothoburgensis
- Rönnerman, K. (1998). *Utvecklingsarbete—en grund för lärares lärande*. Lund: Studentlitteratur.
- Rönnerman, K.(red.) (2004). *Aktionsforskning i praktiken—erfarenheter och reflektioner*. Lund: Studentlitteratur
- Sahlström, F. & Lindblad, S. (1998). Subtexts in the science classroom—an exploration of the social construction of science lesson and school careers. *Learning and Instruction* Vol. 8 No 3
- Schoultz, J. (2000). *Att samtala om/i naturvetenskap. Kommunikation, kontext och artefakt*. Linköping Studies in Education and Psychology no 67. Linköping: Linköping University. Department of education and Psychology.
- Schulman, L. (1987). Paradigms and research programs in the study of teaching: a contemporary perspective. Ingår i M.C. Wittrock (ed.) *Handbook on research on teaching*. New York: Macmillan
- Schön, D. (1983). *The Reflective Practitioner. How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Sjöberg, S. (2000). Naturvetenskap som allmänbildning—en kritisk ämnesdidaktik. Lund: Studentlitteratur.
- Sjöberg, S. (2002). Science and Technology Education. Current Challenges And Possible Solutions.  
[http://folk.uio.no/sveinsj/STE\\_paper\\_Sjoberg\\_UNESCO2.htm](http://folk.uio.no/sveinsj/STE_paper_Sjoberg_UNESCO2.htm)

- Skolverket (2001). *Miljöundervisning och utbildning för hållbar utveckling i svensk skola*. Stockholm: Skolverket
- Skolverket (2004a). Nationella utvärderingen av grundskolan 2003. Huvudrapport naturorienterande ämnen, samhällsorienterande ämnen och problemlösning i årskurs nio. *Rapport 252*. Stockholm: Skolverket
- Skolverket (2004b). PISA 2003. Svenska femtonåringars kunskaper och attityder i ett internationellt perspektiv. *Rapport 254*. Stockholm: Skolverket
- Summers, M., Kruger, C., Childs, A., & Mant, J., (2001). Understanding the science of environmental issues: development of a subject knowledge guide for primary teacher education. *International Journal of Science Education*. Vol. 23 (1), s. 33-53.
- Stake, R. (1995). *The Art of Case Study Research*. London: Sage Publications
- Strömdahl, H. (2000). *No-didaktisk forskning i Sverige—en lägesrapport och några förslag vid millenieskiftet*. Stockholm: Högskoleverket. NOT-projektet.
- Strömdahl, H. (2003). *Om didaktik och didaktisk forskning*. Arbetsdokument Nationella forskarskolan i naturvetenskapernas och teknikens didaktik. Linköping: Linköpings universitet.
- Szybek, P. (2002). Att kommunicera naturvetenskap: Världsbilder och livet i en värld. Ingår i: H. Strömdahl (red.) *Kommunicera naturvetenskap i skolan—några forskningsresultat*. Lund: Studentlitteratur
- Säljö, R. (1995). Begreppsbildning som pedagogisk drog. *Utbildning och demokrati*. Vol. 4(1) s. 5-22
- Säljö, R. (1997). Talk as Data and practice—a critical look at phenomenographic inquiry and the appeal to experience. *Higher Education Research and development*. Vol. 16, No 2
- Säljö, R. (2000). *Lärande i praktiken. Ett sociokulturellt perspektiv*. Stockholm: Prisma

- Säljö, R., Wyndhamn, J., Riesbeck, E. (2001). Samtal, samarbete och samsyn. En studie av koordination av perspektiv i klassrumskommunikation. Ingår i O. Dysthe (red) *Dialog, samspel och lärande*. Lund: Studentlitteratur.
- Tiller, T. (1999). *Aktionslärande. Forskande partnerskap i skolan*. Stockholm: Runa förlag.
- Tsui, A.B.M (2004a). The Shared Space of Learning Ingår i F. Marton & A. Tsui, (Ed.) *Classroom Discourse and the Space of Learning*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate Publishers.
- Tsui, A.B.M. (2004b) The Semantic Enrichment of the Space of Learning Ingår i F. Marton & A. Tsui, (Ed.) *Classroom Discourse and the Space of Learning*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate Publishers.
- Tsui, A.B.M., Marton, F., Mok, I.A.C. & Ng, D.F.P. Questions and the Space of Learning Ingår i F. Marton & A. Tsui (Ed.) *Classroom Discourse and the Space of Learning*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate Publishers.
- Uljens, M. (1997) Grunddrag i en reflektiv skoldidaktisk teori. Ingår i M. Uljens (red.) *Didaktik*. Lund: Studentlitteratur
- Umeå universitet (2003). CODEX-regler och riktlinjer för forskning. <http://www.codex.uu.se/oversikter>
- Van den Berg, E.(2001). Impact of Inservice Education in Elementary Science: Participants Revisited a Year Later. *Journal of Science Teacher Education*. 12, s. 29-45.
- Van Driel, J. H. , Beijard, D. & Verloop, N. (2001). Professional Development and Reform in Science Education: The Role of Teachers Practical Knowledge. *Journal of Research in Science Education*. Vol. 38, no 2, s. 137-158.
- Van Manen, M. (1995). On the Epistemology of Reflective Practice. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*. Vol. 1 (1), s. 33-50

- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J., & Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. *The handbook of research in science teaching and learning*. New York: Macmillan
- Wallace, C. S. & Oliver, J.S. (2003). Journaling During a School-Based Secondary Methods Course: Exploring a Route to Teaching Reflection. *Journal of Science Teacher Education*. Vol. 14 (3) s. 161-176
- Wells, G. (1999). *Dialogic inquiry*. Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Wertsch, J. (1998). *Mind as action*. New York. Oxford: Oxford University Press
- Westby, C. & Torres-Valasques, D. (2000). Developing Scientific Literacy: a Sociocultural Approach. *Remedial & Special Education*. Vol. 21 (2). Ebsco.
- Vetenskapsrådet (1990). Forskningsetiska principer inom humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning <http://www.vr.se/publikationer>
- Vetenskapsrådet (2003). *Forskning av denna världen—praxisnära forskning inom utbildningsvetenskap*. Rapport 2. Stockholm: Vetenskapsrådet.
- Vikström, A. (1998). *Rapportering av uppdrag gällande kompetensutveckling i naturvetenskap*. Skolverket Dnr 97:385
- Vikström, A. (1999). *Rapportering av uppdrag gällande kompetensutveckling i naturvetenskap* Skolverket Dnr 97:2776 (143)
- Vikström, A. (2000). *Rapportering av uppdrag gällande kompetensutveckling i naturvetenskap*. Skolverket Dnr 98:2795 (1341)
- Vikström, A. (2001). *Rapportering av uppdrag gällande kompetensutveckling i naturvetenskap*. Dnr 99:826 (146)
- Vikström, A. (2002). *Från görande till rikare lärande. En aktionsforskningsstudie av två arbetslags arbete med naturvetenskap i skolår 1-6*. Luleå: Luleå tekniska universitet 2002:54

- Vygotskij, L. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Vygotskij, L. (1999). *Tänkande och språk*. Göteborg: Daidalos
- Zeichner, K.M. (1993). Action Research: personal renewal and social reconstruction. *Educational Action Research*. Volume 1. No 2.
- Zeichner, K.M. (1994). Research on Teachers Thinking and Different Views of Reflective Practice in Teaching and Teacher Education. Ingår i G. Handal & S. Vaage (eds.) *Teachers minds and actions. Research on teachers thinking and practice*. London: Falmer Press
- Zeichner, K.M. & Noffke, S. (2001). Practitioner Research. Ingår i V. Richardson (red.). *Handbook of research on Teaching*. Washington DC: AERA
- Zetterqvist, A.(2003). *Ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi. En intervjuundersökning med no/biologi lärare*. Göteborg studies in educational sciences 197. Acta universitatis Gothoburgensis.
- Zohar, A. & Ginossar, S. (1998). Lifting the Taboo Regarding Teleology and Anthropomorphism in Biology Education—Heretical Suggestions. *Science Education*. s. 679-697
- Zuber-Skerritt, O. (1992). *Action Research in Higher Education*. London: Kogan Page
- Zuber-Skerritt, O. (1996). Emancipatory Action research for Organisational Change and Management Development. Ingår i O. Zuber-Skerritt (ed.) *New Directions in ActionResearch*. London: Falmer Press





# Bilaga 1

## ”Ärtan” -Vad ska eleverna lära sig?

**Kursplanemål skolår 5: ”känna till livscykeln för några vanliga växter och djur i närmiljön”**

Vad är ett frö? Vad finns inuti? Hur har det bildats? Vad krävs för att det ska gro?  
Vad är en frukt? Vad händer när ett frö gror och växer upp till en planta?

### Tänkbart innehåll i arbetsområdet ”Ärtan”:

*Blomman*

*Ståndare, pistill,*

*fruktämne, fröämne*

*Hanorgan, honorgan*

*Pollinering*

*Befruktning, arvsanlag*

*Äggcell, spermie*

*Evolution*

*mat till andra*

*fröspridning*

*frukt*

**Embryo**

**Frövita**

**Fröskal**

*Nya plantan*

*med gröna blad*

*Fotosyntesen*

*Producera eget bränsle*

*och byggnadsmaterial*

*(socker) till sig själv*

*ljus*

*näringsförråd*

*byggnadsmaterial*

*cellandning*

*socker + syre*

*ger energi*

*skydd*

*frövila*

*vatten, värme*

*väcker fröet*



## Bilaga 2

### Sammanställning av förekommande metaforer och metaforiska följbegrepp

#### Tema A ”Fröet bildas i en blomma”

##### Metafor

*mamman, flickan, honan*  
*livmoder*  
*pappan, pojken, hanen*  
*barnet, ungen, baby*

##### Innebörd

pistillen  
fröämnet  
ståndaren  
embryo

#### Tema B ”Fröet och plantan växer”

##### Metafor

*mat*  
*matsäck*  
*kan ta slut, måste räcka till ytan*  
  
*mamma Ärta har packat matsäcken*  
  
*byggnadsmaterial, byggsten*  
  
*bränsle, ved*  
  
*bygga, tillverka socker*  
*göra egen mat, näring*  
  
*solen gör så att de orkar bygga*

##### Innebörd och sammanhang

sockret från fotosythesen  
sockret (näringen) i frövitans  
frövitans begränsning  
  
moderplantans fotosyntes  
upphovet till frövitans  
  
glukos som monomer i övriga  
kolhydrater  
  
glukos som bränsle i celland-  
ningen  
  
fotosythesen  
fotosythesen  
  
allt arbete kräver energi

*solen är byggmästaren  
växten kan bli mätt och fet i solen*

*växter svälter ihjäl utan sol*

*växter gör mat åt oss andra*

*äta maten, äta sockret*

*fröet behöver syre för att förbränna  
sin mat*

*sätts ihop, byggs upp och går sönder*

*äta så att de orkar bygga*

*andas precis som vi*

*fröet kan kvävas, kan drunkna*

*den söker efter ljuset*

*vatten väcker fröet*

solens funktion i fotosyntesen  
växter får energi från solen,  
inte människor och djur  
solens betydelse för foto-  
syntesen

växter är ekosystemets  
producenter

cellandning, förbränning  
av socker  
cellandningen är  
syrekrävande

kemiska reaktioner med  
glukos

cellandningen ger energi till  
cellens arbete

andetag, gastransport ut och  
in ur fröet, växten

fröets situation vid syrebrist

plantans tillväxt under mörka  
förhållanden

vatten bryter frövilan



