

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES 212

Anita Wallin

Evolutionsteorin i klassrummet
På väg mot en ämnesdidaktisk teori
för undervisning i biologisk evolution

Abstract

Title: The theory of evolution in the classroom
Towards a domain specific theory for teaching biological evolution
Language: Swedish with summary in English
Keywords: subject matter didactics, science education, domain specific theory, design, teaching sequence, the theory of evolution, conceptual understanding
ISBN: 91-7346-497-X

The overall purpose of this thesis is to study how upper secondary school students (grade 10-12) develop an understanding of evolutionary biology as a result of teaching. Taking students' preconceptions as the starting point a teaching sequence is designed with the aim that students shall learn the theory of evolution by natural selection in such a way that it becomes an intellectual tool. In other words they shall be able to describe, understand, explain, and partly predict biological phenomena from an evolutionary point of view.

Three different teaching experiments were performed and studied in a cyclic process with design and evaluation of both teaching and students' learning, followed by a new design and so on. The students' knowing was tested before, during, and after teaching by written tests, interviews, small group discussions, and a database-driven Internet problem. Similar results emerge from the analyses of the students' performances in the different data collections: e.g. all students do not accept random processes before teaching, many students use the same alternative ideas, and existing variation is a key idea to understand the theory of evolution, and to reason scientifically. The majority of the students, about 80 %, had alternative ideas about evolution before teaching. They viewed evolution as a gradual process where every member of the population adapts to the environment. They consider adaptation as the driving force that is regulated by, for instance need, strive, or purpose. In the delayed post-test one year after teaching most students, about 75 %, had reached a scientific level. This result can be considered good compared to many other studies reported in the literature.

The students' reasoning in the different tests was carefully analysed having preconceptions, the conceptual structure of the theory of evolution, and the aims of teaching in mind. This gave insights into those learning and teaching demands that constitutes challenges to students as well as to teachers, when beginning to learn, or to teach evolutionary biology. The combined results from these analyses of the three experiments are summarized in a domain specific hypothesis for teaching. It consists of three different aspects: content specific aspects, which are unique for every field of science, aspects concerning the nature of science, and general aspects. This hypothesis can be tested in new design experiments, and if it will withstand future tests it can be developed into a domain specific theory for teaching evolutionary biology.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	v
INLEDNING	1
Min personliga utgångspunkt	1
Varför just evolutionsteori?	1
Forskningstradition	2
Projektgruppen	2
Avhandlingens struktur och uppläggning	3
DEL I BAKGRUND	5
KAPITEL 1 ÄMNESDIDAKTIK	7
1.1 Vad är ämnesdidaktik?	7
1.2 Ämnesdidaktikens ämnesteori	9
1.3 Ämnesdidaktisk analysmetod	11
KAPITEL 2 OM KUNSKAP, KUNNANDE OCH LÄRANDE	13
2.1 Kunskap och kunnande	13
2.2 Några olika perspektiv på lärande	15
2.3 Kunskap, kunnande och tänkande i vardag och vetenskap	27
KAPITEL 3 IDÉER OM EVOLUTION	33
3.1 Evolution – alternativa idéer	33
3.2 Evolution – ytterligare svårigheter	38
3.3 Evolution och trosfrågor	42
3.4 Evolution – vetenskapliga idéer	46
3.5 Konsistens i användning av idéer	48
3.6 Från alternativa till vetenskapliga idéer	49
KAPITEL 4 DESIGN AV UNDERVISNING I NATURVETENSKAP	51
4.1 Hur kan forskning förbättra skolans naturvetenskap?	51
4.2 Design av undervisningssekvenser	53
4.3 Ämnesdidaktiska teorier för undervisning	70
DEL II SYFTE OCH GENOMFÖRANDE	73
KAPITEL 5 FORSKNINGSFRÅGOR OCH DATAINSAMLING	75
5.1 Syften och frågeställningar	75
5.2 Studiens uppläggning	76
5.3 Statistiska test och generaliserbarhet	78
5.4 Validitet och kvalitetskriterier	79
5.5 Reliabilitet	81
DEL III UNDERVISNING	85
KAPITEL 6 UNDERVISNINGSSEKVENSEN	87
6.1 Utgångspunkter	87
6.2 Utformningsfasen	88
6.3 Utprövningsfasen	95
DEL IV ELEVERS KUNNANDE	115
KAPITEL 7 SKRIFTLIGA TEST	117
7.1 För- och eftertestuppgifter	117
7.2 Prov- och hemtentamensuppgifter	119
7.3 Ämnesdidaktisk analys av elevsvaren	119
7.4 Tema variation	123
7.5 Tema arv	132
7.6 Tema naturligt urval	136
7.7 Tema evolutionsteorin	141
7.8 Tema vetenskap och tro	160
7.9 Jämförelse mellan för- och eftertest	163

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

7.10 Konsistens av idéer på för- och eftertest	168
KAPITEL 8 INTERVJUER	173
8.1 Utförande	173
8.2 Resultat – 'variationens uppkomst'	175
8.3 Resultat – 'naturligt urval'	180
8.4 Diskussion	186
KAPITEL 9 SMÅGRUPPSDISKUSSIONER	189
9.1 Utförande	189
9.2 Resultat	190
9.3 Diskussion	194
KAPITEL 10 INTERAKTIV INTERNETUPPGIFT	195
10.1 Utförande och analys	195
10.2 Resultat	195
10.3 Diskussion	202
KAPITEL 11 INDIVIDUELL UTVECKLING AV EVOLUTIONSKUNNANDE	205
11.1 Kategorisering	205
11.2 Resultat	207
11.3 Individuella utvecklingsmönster	212
11.4 Hinder för förståelse	213
11.5 Diskussion	223
DEL V ÄMNESDIDAKTISK HYPOTES	227
KAPITEL 12 SAMMANFATTANDE RESULTAT OCH DISKUSSION	229
12.1 Ämnesdidaktiska teorier för undervisning	229
12.2 Diskussion utifrån hypotesen	232
KAPITEL 13 SLUTDISKUSSION	243
13.1 Design av undervisningssekvenser – ämnesdidaktisk forskning	243
13.2 Ämnesdidaktisk analysmetod – vidgad innebörd?	246
13.3 Allmänna teorier om lärande och undervisning	248
13.4 Förförståelsens betydelse	249
13.5 Konsistens	250
13.6 Elevers kunnsande	251
13.7 Kritisk reflektion över undervisningen i studien	252
13.8 Implikationer för undervisning och forskning	254
13.10 Avhandlingens forskningsfrågor och nya frågor	255
ENGLISH SUMMARY	257
Introduction	259
PART I: Theoretical background	259
PART II: Aims and data collections	263
PART III: Teaching sequence and teaching	264
PART IV: Students' knowing	266
PART V: Domain specific hypothesis	274
REFERENSER	277
APPENDIX 1 För- och eftertestuppgifter	293
APPENDIX 2 Prov och hemtentamensuppgifter	299
APPENDIX 3 Intervjuer om variationens uppkomst	301
APPENDIX 4 Intervjuer om naturligt urval	303
APPENDIX 5 Smågruppsdiskussion	305
APPENDIX 6 'Renvargupp giften'	307
APPENDIX 7 Elevbeskrivningar http://www.ped.gu.se/personal/anita.wallin/	

FÖRORD

Ja då befinner jag mig strax framför målnöret, äntligen eller redan? Äntligen, för att jag startade min första forskarutbildning i genetik för 22 år sedan, som jag avbröt på grund av barnafödande och för att utbilda mig till lärare. Redan, för att jag inser att jag antagligen aldrig mer får 'snöa in' lika totalt på mitt eget arbete utan att andra och även jag själv har förväntningar på att jag ska syssla också med annat. Avhandlingsskrivandet i sig var en guppig färd med bergstoppar och djupa dalar. Bergstopparna var njutningsfulla men de djupa dalarna med skrivkramp var deprimerande. Men det går att komma upp igen och det är en erfarenhet, som jag ska försöka ha med mig och dela med mig av.

Jag har funderat på vad det är som drivit mig att återigen starta en forskarutbildning. En orsak kanske var att jag inte fick stort A i matematik i realexamen 1968? Eller för att jag vill visa att också jag kan? Eller för att jag har haft svårt att inte anta utmaningar? Eller kanske för att jag hela livet har 'gått i skola' och uppskattat att göra det? Eller för att begreppet universitet inte fanns i min värld då jag växte upp? I vilket fall som helst är nog skolgången avslutad nu, men jag fortsätter i lärarutbildningen, som tur är. Hopas att mitt arbete kan leda till att fler elever får en lika positiv bild av skola och utbildning som jag har fått genom folkskola, realskola, tandsköterskeskola, kommunal vuxenutbildning, universitetsstudier och forskarutbildningar.

Det finns många personer som varit betydelsefulla för mig under avhandlingsarbetet. Jag vill därför tacka er alla. Men det finns några personer som jag vill nämna lite extra. Först och främst alla elever som så givmilt har delat med sig av sina idéer om evolution när jag frågat i tester eller intervjuer. De klasser som har låtit mig sitta med som observatör och dessutom videofilma lektioner. Tack, utan er hade detta arbete inte skrivits!

Under hela avhandlingsprocessen har jag arbetat tillsammans med Mats Hagman och Clas Olander. Vi har haft ett samarbete som jag har uppskattat mycket. Det hela startade i personalrummet över en kaffekopp då Mats sa ungefär följande: Nu ska jag starta evolutionsundervisning i min gymnasieklass är det någon som vill hänga på? Jag nappade och projektet startade. Clas kom tidigt in i bilden och han är nu doktorand och ska studera undervisning av evolutionsteori på grundskolan. Clas, jag ser fram emot att få följa ditt avhandlingsarbete. Tack båda två för ett gott samarbete som jag gärna fortsätter.

FÖRORD

Utan handledare blir inget avhandlingsarbete gjort. Björn Andersson och Christina Kärrqvist har hela tiden stöttat mig och jag uppskattar er mycket. När helst jag behövt er hjälp har ni ställt upp på ett positivt och intresserat sätt. Ni kompletterar varandra suveränt genom att ni ofta ser olika ting i ett arbete.

Alla arbetskamrater på avdelningen för naturvetenskap vill jag tacka för alla trevliga, intressanta, ibland livliga och häftiga diskussioner vi haft. Det känns alltid trivsamt att gå till kaffepaus eller middagsrast. Speciellt vill jag uppmärksamma mina båda rumskamrater Christina Kärrqvist och Eva West. Tänk att vi kan sitta alla tre i ett och samma rum och jobba koncentrerat framför våra datorer. Ibland kan de gå en eller två dagar utan att vi säger mycket mer än hej och hej då. Men är det någon av oss som behöver prata finns alltid två engagerade rumskamrater som stöttar både i framgång och i motgång.

Jag påbörjade min forskarutbildning i ämnesdidaktik samtidigt med Eva Nyberg, men de flesta med inriktning mot naturvetenskap började ett år tidigare. Jag upplever att vi direkt kom in i gänget bestående av Ann Zetterqvist, Britt Lindahl, Frank Bach, Jan Landström, Lotta Lager-Nyqvist, Margareta Ekborg och Olle Eskilsson. Tack för alla trevliga diskussioner och annan samvaro genom åren. Ann, Britt, Frank, Lotta, Margareta och Olle har disputerat och är klara. Jan har tagit paus några år och arbetar som min enhetschef. Tack för allt stöd du givit mig genom åren, men är det inte dags och dra igång doktorandstudierna på allvar nu? Eva har studerat i långsammare takt än jag på grund av lilla Anna, men är nu i full gång. Jan och Eva, jag ser fram emot att följa era avhandlingsarbeten. Av de före detta doktoranderna är det Ann och Frank som varit mig närmast, både rumsligt och tidsmässigt. Vi har kunnat dela avhandlingsarbetets vedermödor mer eller mindre dagligen och jag har haft stor nytta av att komma lite efter er och följa i de strömfåror ni skapat genom era arbeten. Tack för allt genom de här åren och jag ser fram emot vårt fortsatta samarbete.

Det är många förutom mina handledare som läst hela eller delar av mitt avhandlingsmanus vid olika tillfällen. Mina båda handledare fick ta den första stöten och verkade påtagligt tagna av ett tidigt tungtläst manus. Per Lundberg, tack för att du läste slutseminariemanuset med en biologs ögon och kunde bidra med för mig värdefulla kommentarer. John Leach från 'University of Leeds' var gästprofessor hos oss under delar av min doktorandtid. Du har bidragit till mitt arbete på flera sätt och speciellt tack för att du har läst min engelska sammanfattning. Min läsgrupp bestående av Ann, Clas, Frank, Lotta och Mats vill jag tacka för värdefulla kommentarer. Jonas

FÖRORD

Emanuelsson var diskutant på slutseminariet och gav många betydelsefulla synpunkter, som gjorde att jag såg saker jag skrivit från ett annat perspektiv. Elisabet Öhrn, som var ordförande på slutseminariet, gav för mig viktiga synpunkter. Margareta Ekborg och Birgitta Frändberg har också läst mitt manus och kommit med värdefulla synpunkter. Tack allihop för att ni har bidragit till att mitt manus blivit bättre än vad jag klarat helt på egen hand.

Nu är det dags för familjen. Först vill jag tacka mina föräldrar Walter och Ingeborg Andersson, som alltid genom alla år stöttat mig i mina val i livet. Hade ni båda vuxit upp i en annan tid eller i en annan social miljö är jag övertygad om att ni båda hade studerat vidare, men det är inte säkert ni varit lyckligare för det. Jag är i alla fall mycket stolt över att ha vuxit upp i en arbetarfamilj och ser den erfarenheten som oerhört värdefull i mitt liv och i mitt arbete. Jag uppskattar ert sätt att alltid finnas till hands utan att ställa krav, som gjort det möjligt för mig att bland annat studera.

Kjell, min älskade livskamrat och allra bästa vän, du har stöttat mig på alla tänkbara sätt genom åren. Ett stöd du har givit både i din egenskap av make och våra barns far, och i egenskap av forskare. Våra ständiga diskussioner om vetenskap är givande, krävande och intressanta. Vi har också diskuterat mitt avhandlingsarbete genom åren och jag uppskattar dina kommentarer efter slutseminariet, din nitiska genomläsning av den engelska sammanfattningen och din hjälp med de statistiska testen. Förr i tiden hade jag svårt att klara just dina kommentarer på saker jag författat, men jag tyckte det gick utmärkt nu. Kanske har jag mognat med åren. Du kanske till och med läser hela min avhandling någon gång.

Kära barn, även om jag lite skyllde på er då jag i början av förordet förklarade varför jag avbrutit min forskarutbildning i genetik, så är ni det bästa som hänt Kjell och mig i livet! Åsa, Jonas, Karl och Axel det är ni som är själva livet. En liten individ som betytt mycket mot slutet av avhandlingsarbetet är Homsan, Karls hund. Hon har varit mitt enda sällskap då jag isolerat mig ute på Orust och skrivit på avhandlingen. Nu ser jag fram emot en lång ledig sommar tillsammans med er, min familj.

Denna avhandling vill jag tillägna kommande generationer genom mina barn och barnbarn Åsa, Jonas, Karl, Axel och Stella.

Göteborg, valborgsmässaafon 2004

FÖRORD

Vid havet

Här är varenda sten så fast,
för det är nära havet.
Nyss foten gled och grenar brast.
Men här är du vid havet.

Det lämnar på sin grund ej kvar
det lösa och det lätta.
Den sten som inte säkert bar
var inte av de rätta.

Pär Lagerkvist

INLEDNING

Min personliga utgångspunkt

Under min lärarutbildning 1986 presenterade Christina Kärrqvist projektet 'Elevtänkande och Kurskrav i högstadiets NATurvetenskapliga undervisning' (EKNA) för oss studenter. Det var det tillfälle under hela året på lärarutbildningen som gjorde störst intryck på mig. Hon öppnade dörren till en helt 'ny värld' för mig, till ett nytt kunskapsområde, som idag är universitetsämnet ämnesdidaktik. När jag tio år efter avslutad lärarutbildning traskade fram i korridoren på Pedagogen i Mölndal läste jag ett informationsblad om forskarskola i ämnesdidaktik. Jag blev genast intresserad och såg framför mig kopplingen mellan mina båda intressen; biologiämnet i kombination med undervisning och lärande. Jag gick hem och skrev en ansökan som resulterade i att jag fick kontakt med Björn Andersson. År 1997 blev jag antagen till forskarskolan i ämnesdidaktik med inriktning mot naturvetenskap. Björn Andersson och Christina Kärrqvist blev mina båda ämnesdidaktiska handledare.

Varför just evolutionsteori?

Den biologiska evolutionen ligger mig varmt om hjärtat och jag tycker att den är ett användbart verktyg för mig för att förstå världen både historiskt och i nutid. Den utgör en fascinerade beskrivning av livets utvecklingshistoria och kan förklara de livsformer och den mångfald som har funnits och som finns idag. Redan under min forskarutbildning i genetik arbetade jag med evolutionära frågor och det experimentella arbete som ligger till grund för min licentiatuppsats är selektionsförsök (Wallin, 1988; 1994). Selektionen eller, som vi ofta säger, det naturliga urvalet är ju evolutionens drivkraft.

Teorin om den biologiska evolutionen kan förklaras relativt okomplicerat begreppsmässigt, men trots detta missförstås den ofta. En vanlig tanke är att evolutionen har både mål och mening, men något antagande om detta finns inte i teorin. Evolution är helt enkelt en konsekvens av att vi har en biologiskt ärftlig variation som utsätts för naturligt urval.

Förutom att den biologiska evolutionsteorin ofta är missförstådd är det få naturvetenskapliga teorier som är så omdebatterade, och så har det varit sedan den började formuleras på 1800-talet. Anledningen är antagligen att den ger förklaringsmodeller för själva livets utveckling och människans

plats i naturen, och därmed griper in i individens livsåskådning. Människans inplacering i naturen, som ett djur bland andra, kan vissa ha svårt att acceptera.

Evolutionsteorin har dock ett stort förklaringsvärde inte bara inom de rent biologiska ämnesområdena utan också inom de närbesläktade områdena medicin och psykologi samt inom tvärvetenskapliga områden såsom miljövetenskap.

Forskningstradition

Genom att ingå i forskarutbildning med placering vid Enheten för ämnesdidaktik, Institutionen för Pedagogik och Didaktik (IPD), Göteborgs universitet hamnade jag i en ämnesdidaktisk forskningstradition som jag först mötte i min lärarutbildning, men som påbörjades i slutet av 1960-talet. Den har genom åren genererat åtskilliga rapporter, artiklar och avhandlingar. Flera större projekt har genomförts t.ex. EKNA (1979-1989) och nationella utvärderingar 1992 och 1995 (t.ex. Andersson, Emanuelsson & Zetterqvist, 1993; Andersson, Bach & Zetterqvist, 1996). Jag har haft förmånen att arbeta inom projekten Nationella utvärderingen 1998 (U98) (Andersson, Kärrqvist, Löfstedt, Oscarsson & Wallin, 1999) och Nordlabprojektet (Andersson, Bach, Frändberg, Hagman, et al., 2003; Andersson, Bach, Frändberg, Jansson, et al., 2003 a; b; c). Dessa båda projekt är avslutade. Exempel på pågående projekt i naturvetenskap på enheten är 'Lärande och Undervisning i NATurvetenskap' (LUNA 1-5) samt 'Naturvetenskaplig Undervisning – Design och Utvärdering' (NUDU).

Forskningstraditionen i naturvetenskaplig ämnesdidaktik vid enheten har sin teoretiska plattform i konstruktivismen som bygger på och utgår ifrån Piagets genetiska epistemologi som den presenteras i Furth (1969).

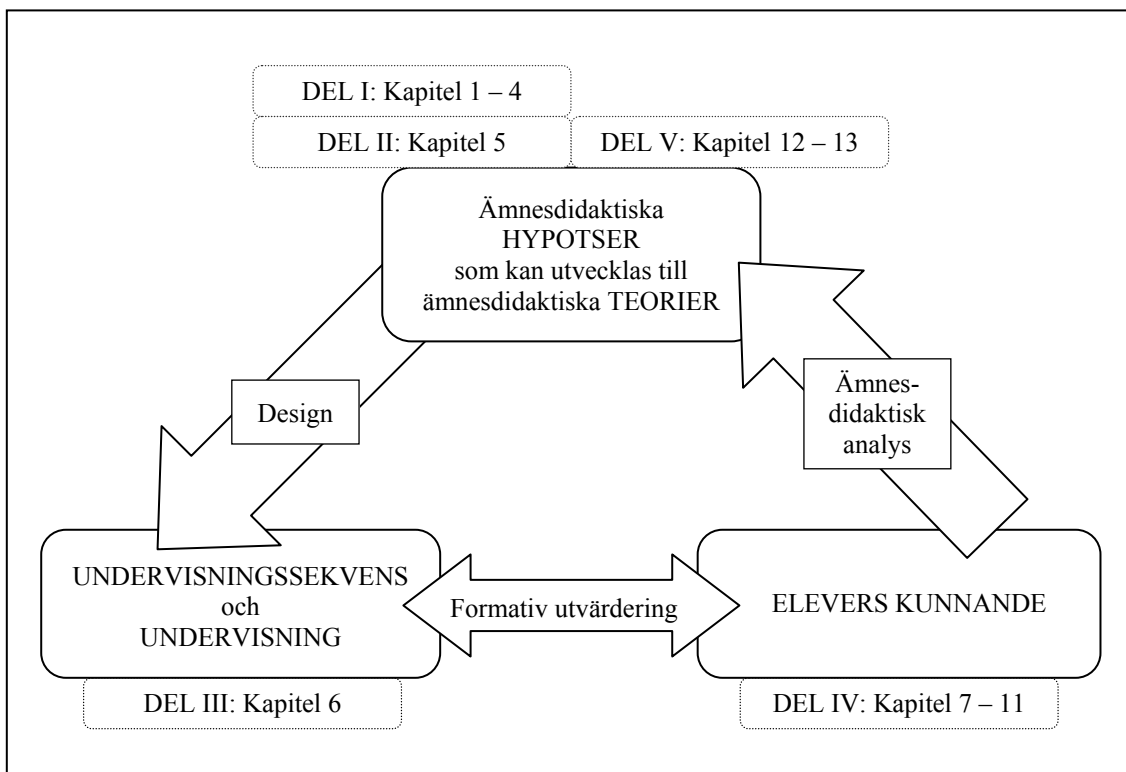
Projektgruppen

Denna avhandling har arbetats fram inom ett projekt kallat 'Undervisning i evolutionsteori' som genom designarbete utformat och utprövat en undervisningssekvens i evolutionsteori för naturvetarprogrammet på gymnasieskolan. Jag har två medarbetare i projektet, Mats Hagman och Clas Olander, som båda också var lärare på gymnasieskolorna där undervisningen bedrevs. De har också ingått som aktiva forskare i projektet tillsammans med mig. Vi har presenterat delresultat på tre internationella konferenser (Hagman, Olander & Wallin, 2001; 2003; Olander, Hagman & Wallin, 2001; Wallin, Hagman & Olander, 2001a; b) och Clas har skrivit sin ämnesdidaktiska uppsats inom projektet (Olander, 2003).

Det övergripande syftet med projektet har varit att skapa en undervisningssekvens i evolutionsteori för naturvetarprogrammet i gymnasieskolan. I centrum står alltså en naturvetenskaplig teori, evolutionsteorin. Denna ska eleverna lära sig på ett sådant sätt att de kan använda den som ett intellektuellt verktyg, dvs. använda teorin för att förklara och i viss utsträckning förutsäga biologiska fenomen.

Avhandlingens struktur och uppläggning

Avhandlingens huvudsakliga syfte är att undersöka elevernas kunskande i evolutionsteori och utvecklingen av detta vid undervisning. I fokus står vad som krävs för att elever utifrån sin förförståelse ska nå ett mer vetenskapligt kunskande dvs. nå undervisningens mål. Detta är den uppgift elever och lärare står inför och resultatet i avhandlingen genererar en ämnesdidaktisk hypotes som senare kan vidareutvecklas till 'en ämnesdidaktisk teori för undervisning i biologisk evolution'. I figur 1 sammanfattas avhandlingens övergripande struktur.



Figur 1. Avhandlingens struktur och uppläggning

Del I innehåller fyra kapitel och utgör bakgrunden i avhandlingen. I kapitel 1 beskrivs ämnesdidaktik och i kapitel 2 diskuteras kunskap, kunskande och lärande. Kapitel 3 handlar om alternativa och vetenskapliga idéer om evolution. Bakgrunden avslutas med kapitel 4 där design av undervisning i naturvetenskap behandlas. Detta leder fram till del II, som består av kapitel 5,

där avhandlingens syfte, frågeställningar och genomförande beskrivs. När vi i projektet startade den första undervisningen utgick vi ifrån vad man skulle kalla en 'ämnesdidaktisk hypotes' för evolutionsundervisning. Denna bestod av våra samlade erfarenheter från tidigare evolutionsundervisning samt den litteratur vi tog del av inför designen av första undervisningssekvensen. I bakgrunden ingår en genomgång av denna och annan litteratur som haft betydelse för avhandlingen.

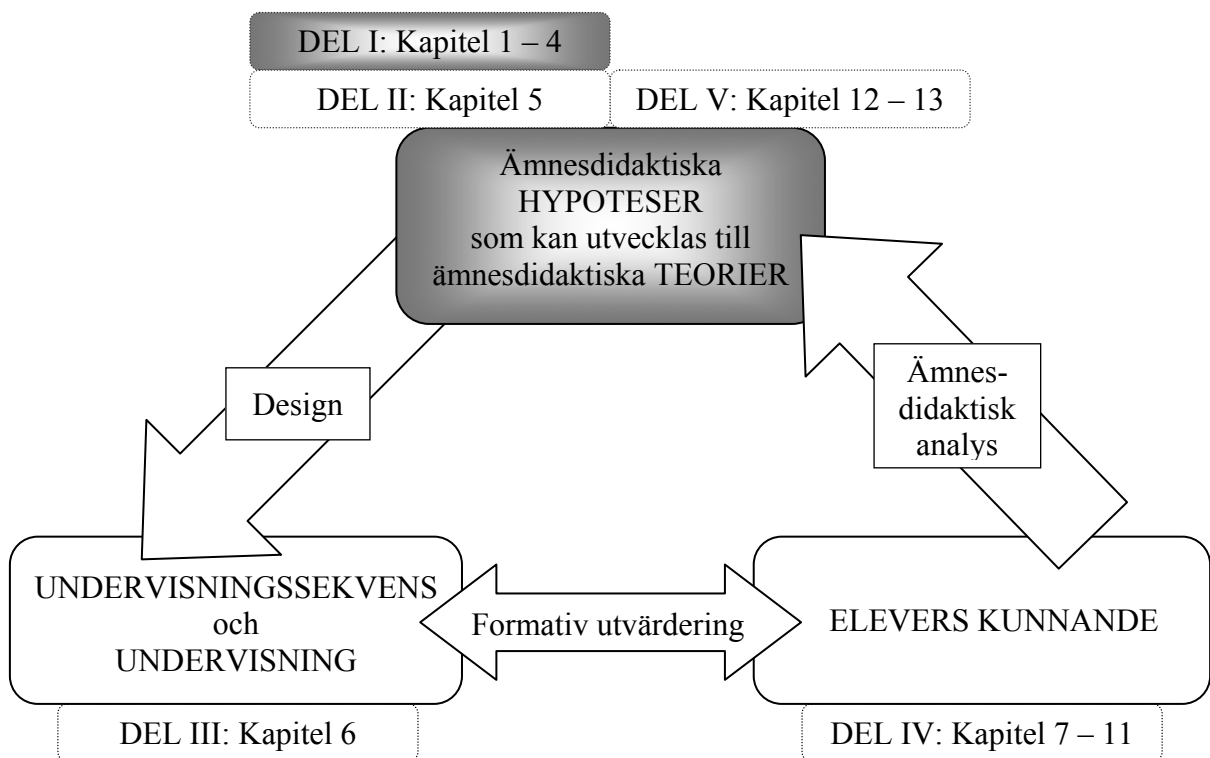
Del III innehåller kapitel 6 där undervisningssekvensen och undervisningen beskrivs och diskuteras. I kapitlet ingår också redovisning av fältanteckningar från observationer av genomförda lektioner och innehållet i elevernas loggböcker. Detta har bland annat använts för formativ utvärdering. Jag vill redan här framhålla att i ämnesdidaktisk forskning blir en undervisningssekvens som bygger på forskning och beprövad erfarenhet ett resultat efter utprovning.

Del IV tar i fem kapitel upp olika aspekter av elevers kunskande. Använda metoder beskrivs och resultaten redovisas och diskuteras. Kapitlen handlar om elevers kunskande så som det framstår i skriftliga test (kapitel 7), i individuella intervjuer (kapitel 8), i smågruppsdiskussioner (kapitel 9) och i en interaktiv databasdriven internetuppgift (kapitel 10). I kapitel 11 beskrivs översiktligt elevers utveckling av kunskande i biologisk evolution. Därefter diskuteras eventuella hinder för lärande och hur de kan övervinnas.

Del V som avslutar avhandlingen innehåller två kapitel. I kapitel 12 presenteras och diskuteras den vidareutvecklade 'ämnesdidaktiska hypotesen för undervisning i biologisk evolution' och i kapitel 13 förs en slutdiskussion.

DEL I

BAKGRUND



KAPITEL 1

ÄMNESDIDAKTIK

Det här är en avhandling i ämnesdidaktik med inriktning mot naturvetenskap, mer specifikt med inriktning mot lärande och undervisning i biologisk evolutionsteori på naturvetarprogrammet i gymnasieskolan. Ämnesdidaktik blev ett fullständigt universitetsämne vid Göteborgs universitet 2002 med examensrätt från A-nivå till doktorsexamen.

1.1 Vad är ämnesdidaktik?

Didaktik betyder läran om undervisning och därmed blir ämnesdidaktik läran om undervisning i ett ämne eller ämnesområde t.ex. ämnesdidaktik med inriktning mot biologi eller naturvetenskap. Vid sidan av pedagogik är ämnesdidaktik och didaktik eller allmäntdidaktik autonoma delar av utbildningsvetenskap. Pedagogik är läran om uppfostran och undervisning. Med denna definition skulle då pedagogik utan didaktik bli läran om uppfostran, men ämnet är ju betydligt vidare än så, vilket Husén (1994) uttrycker:

/.../ Pedagogik omfattar numera också den påverkan av attityder och beteenden utöver förmedling av kunskaper och kompetenser som inte är av direkt skolmässig karaktär och betraktar därför läran om uppfostran och undervisning i ett vidare politisk-filosofiskt, socialt och historiskt sammanhang. Pedagogik som område för tankeutbyte, vetande och diskussion har en lång historia./.../

Begreppet 'didaktik' myntades av Wolfgang Ratke och Johan Amos Comenius i början av 1600-talet och är sprunget ur den tyskspråkiga traditionen (Kroksmark, 1989; Kansanen, 1999). Sjøberg (1996) diskuterar på en övergripande nivå två olika traditioner då det gäller undervisning, den angloamerikanska och den kontinentalt europeiska. Den förra är mer empirisk och pragmatisk och den senare mer analytisk, filosofisk och rationell. Inom den angloamerikanska traditionen finns inte något begrepp motsvarande didaktik eller ämnesdidaktik (Seel, 1999; Kansanen, 1999). Ämnesdidaktisk forskning med inriktning mot naturvetenskap ingår där som en del av det vidare området 'science education' och går under benämningen 'research on teaching and learning science' eller 'science curriculum development'. Kunskapsområdet didaktik har gradvis utvecklats vid sidan av pedagogik i de kontinentala europeiska länderna och i Skandinavien (Kansanen, 1999). Författaren menar att översättningen av didaktik med 'undervisningskonst' inte stämmer överens med hur kunskapsområdet ser ut idag. Det är en alldeles för snäv definition och dessutom uppfattas den normativt, som ett och endast ett bästa sätt att undervisa. Dessutom saknas referens till lärande,

som också ingår i didaktik. Detta uttrycker även Seel (1999) då han definierar didaktik som lärarprofessionens vetenskap:

The further development of Didaktik as the science of the profession of teachers proves to be important and a connection with the German 'bildungstheoretische Didaktik' seems to be promising. The new 'concept' of Didaktik has to be understood in a comprehensive way; in addition to a theory of teaching it also includes a theory of Bildung and a theory of school as an educational institution... (sidan 85)

Ämnesdidaktik blir då vetenskapsområdet för lärarprofessionen utifrån ett innehållsperspektiv. Shulman (1987) myntade begreppet 'pedagogical content knowledge (PCK)' och det handlar om vad som krävs av en lärare för att undervisa ett visst område.

Sjøberg (2000) definierar ämnesdidaktik med inriktning mot naturvetenskap på följande sätt:

Vår egen avgränsning av de naturvetenskapliga ämnenas didaktik är alltså att det rör sig om alla de överväganden som är knutna till den innehållsmässiga sidan av skolans undervisning i naturvetenskapliga ämnen. (sidan 29)

Vidare skriver Sjøberg att man kan uppfatta de naturvetenskapliga ämnenas didaktik som en bro mellan naturvetenskap och pedagogik. En bro som förutsätter ett relativt bra brofäste både i naturvetenskap och i pedagogik. Min syn på ämnesdidaktik med inriktning mot naturvetenskap skiljer sig från Sjøbergs genom att jag betraktar ämnesdidaktik som ett utbildningsvetenskapligt ämne och inte som en bro emellan två kunskapsområden. Forskning i ämnet ämnesdidaktik utvecklar inte naturvetenskapen kunskapsmässigt, men förhoppningsvis undervisning och lärande i naturvetenskap, alltså ämnesdidaktiken.

Andersson (2000a) definierar ämnesdidaktikens uppgift:

Ämnesdidaktikens uppgift är att skapa, utveckla och vårda kunnande om undervisning angående olika innehåll och under olika betingelser. Betingelser kan vara undervisningsmetoder, elevers och lärares kunskapsmässiga förutsättningar, gällande kursplaner, en skolas sociala miljö, politiska beslut på olika nivåer och tillståndet i samhällsekonomin. Innehåll kan vara ett skolämne, men också en universitetsdisciplin, kunskaper om miljö- och resursfrågor, om samhällets grundläggande demokratiska värden, liksom kunskaper och färdigheter som behövs för att utöva ett yrke. (sidan 3)

Vidare skriver han att:

Ämnesdidaktisk kunskapsbildning sker i såväl ett praktiskt yrkesmässigt som ett vetenskapligt sammanhang. De båda aspekterna kompletterar varandra. Forskare och lärare kan ha intresse för samma frågor, men betrakta dem ur olika perspektiv. Yrkespraktik och vetenskap kan därför stödja varandra. (sidan 3)

Zetterqvist (2003) diskuterar i sin avhandling vilket kunnande en lärare behöver för att undervisa ett visst ämne eller innehåll. Detta kallar hon 'äm-

nesdidaktisk kompetens', som hon påpekar är ett vidare begrepp än PCK. Hon beskriver en 'ämnesdidaktisk kunskapsbas' som består av nio olika komponenter av kunnande som krävs för att en lärare ska utveckla denna kompetens:

1. Ämnesteorier
2. Teorier om lärande och kunskap
3. Läro- och kursplaner
4. Ramfaktorer
5. Läromedel
6. Elevernas förutsättningar
7. Lärares förutsättningar
8. Undervisningsstrategier
9. Utvärdering

Kunskapsbasens komponenter innefattar, som jag ser det, de traditionella didaktiska frågorna; Vad?, Varför?, Hur? och För Vem?. Svaren på dessa frågor beskriver Sjøberg (2000) som didaktik i vid bemärkelse. Didaktik i snäv bemärkelse innehåller frågorna Varför? och Vad?, vilket medför att den traditionella metodiken skulle hamna utanför didaktiken.

Zetterqvist (2003) påpekar att de traditionella didaktiska frågorna i huvudsak handlar om planering av undervisning och Andersson (2000a) att svaren, var för sig, på de traditionella didaktiska frågorna saknar den dynamik som skapas av de två 'motorerna' – undervisning och utvärdering. Han skriver vidare att det dynamiska inslaget är en konsekvens av den uttalade ambitionen inom ämnesdidaktiken att bidra till en förbättring av undervisning.

1.2 Ämnesdidaktikens ämnesteorier

Ämnesdidaktik är ett universitetsämne som handlar om undervisning och lärande av ett innehåll för barn-, elev- eller studentgrupper. Den som ska undervisa ett visst innehåll behöver både ha kunnande i innehållets ämnesteorier och i ämnesdidaktikens ämnesteorier. Behovet av kunnande varierar beroende på vilka som ska undervisas. Skillnaderna i val av innehåll och behov av kunnande inom t.ex. området evolutionsteori varierar om man jämför undervisning i förskolan med undervisning i evolutionsbiologi på universitetet. Det är dock inte självklart vad som är ett tillräckligt kunnande om ett innehåll för att undervisa en viss grupp av barn, elever eller studenter. Vid all planering av undervisning är uppgiften att välja relevant innehåll viktig och kräver många överväganden. Samhället har gjort en beställning i form av läro- och kursplaner, men sådana måste av nödvändighet betraktas som temporära eftersom vi lever i ett samhälle med en ständigt ny kunskapsbildning.

För att ha ett tillräckligt kunnande för att undervisa en viss grupp krävs dessutom av läraren en medvetenhet om det egna kunnandet. Kännedom om läromedel inom innehållsområdet ingår också. Förutom ovanstående som har att göra med val av innehåll för undervisningen ingår i ämnesdidaktisk ämnesteorin de alternativa idéer om undervisningsinnehållet som är vanligt förekommande. I debatten får jag ibland känslan av att det finns en uppfattning om att varje individ är så unik att det i en undervisningsgrupp skulle finnas lika många uppfattningar om ett fenomen som det finns barn, elever eller studenter. Den forskning som gjorts de senaste decennierna om elevuppfattningar inom olika områden visar dock att det sällan finns mer än en handfull olika uppfattningar som är vanligt förekommande. Dessutom ingår i ämnesdidaktik 'teorier om lärande och kunskapsbildning', 'undervisningsstrategier' och 'utvärdering'. För att utforma undervisning krävs också att läraren tar hänsyn till alla de yttre förutsättningarna, ofta kallat ramfaktorer, som påverkar undervisningen i hans/hennes undervisningsgrupp. Dessa avväganden gör att undervisningen blir lokalt förankrad i det aktuella klassrummet eller var nu undervisningen sker.

Att undervisa innebär alltså inte bara att strukturera innehållet på ett logiskt sätt och redovisa detta för dem som ska lära. Den som bygger sin undervisning på vetenskaplig grund behöver alltså utöver t.ex. det naturvetenskapliga ämnesteoretiska innehållet ha kunnande i det didaktiska ämnesteoretiska innehållet. Det senare innehåller de vanliga alternativa idéerna för det aktuella innehållet samt kunnande inom alla de övriga komponenterna som ingår i en ämnesdidaktisk kunskapsbas. När det naturvetenskapliga ämnesteoretiska innehållet möter de alternativa idéer som finns om detta och alla de övriga komponenterna förändras det till ett undervisningsinnehåll.

En sammanställning av undersökningar visar att lärarens kompetens är positivt korrelerad med vad eleverna lär sig (Gustafsson & Myrberg, 2002). Det gäller oberoende av hur kompetensen mäts (t.ex. omfattning av yrkeserfarenhet, pedagogisk utbildning, ämnesutbildning, kompetensutveckling, uppmätta kunskaper och färdigheter). När Zetterqvist (2003) i sin avhandling söker samband mellan variabler bland de 26 erfarna lärarna i hennes studie finner hon samband som tyder på:

att lärare med lång undervisningserfarenhet i biologi i större utsträckning ger uttryck för goda kunskaper om elevers förutsättningar att lära evolutionsbiologi och i mindre utsträckning ger uttryck för egna vardagsföreställningar.

att lärare som ger uttryck för goda kunskaper om elevers förutsättningar att lära evolutionsbiologi har fler akademiska poäng i biologi, men inte nödvändigtvis längre undervisningserfarenhet i biologi. (sidorna 144-145)

Hon poängterar att det inte är möjligt att generalisera utifrån hennes material, men med tanke på vad Gustafsson och Myrberg (2002) finner, verkar

det rimligt att både undervisningserfarenhet och fler akademiska poäng ökar lärarens möjligheter att diskutera elevernas förutsättningar att lära evolutionsbiologi.

Jag anser alltså att man kan diskutera ämnesteorier även i ämnet ämnesdidaktik. Om man betraktar ämnesdidaktik som lärarprofessionens vetenskap (Seel, 1999) för undervisning och lärande av ett visst innehåll så skulle även den traditionella ämnesteorin för undervisningsinnehållet ingå i ämnesdidaktiken. Ämnesdidaktik blir då också lärarutbildningsämnet med inriktning mot t.ex. biologi.

1.3 Ämnesdidaktisk analysmetod

I avhandlingen använder jag en 'ämnesdidaktisk analysmetod' vid analys av elevutsagor. Målet med en sådan är att få kunskap om vad som krävs för att elever ska lära och lärare undervisa innehållet utifrån det kunnande ett barn, en elev eller en student har i utgångsläget. Vid analysen beaktas förutom överensstämmelse med de vetenskapliga idéerna, i mitt fall evolutionsteorin, också kända alternativa idéer om samma innehåll. Elevens möjligheter att lära under den aktuella undervisningen uppmärksammas också i en sådan analys. Den hämtar alltså information både från forskning och beprövad erfarenhet om undervisning, elevers lärande och begreppsförståelse samt från biologiämnet.

Resultaten från en ämnesdidaktisk analys av elevutsagor är ett värdefullt bidrag till utformningen av en 'ämnesdidaktisk teori för undervisning' av ett visst innehåll. Knippels (2002) och Verhoeff (2003) använder termen 'domain-specific philosophy of learning and teaching'. Andersson, Bach, Hagman, Olander och Wallin, (2003) och Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer och Schauble (2003) använder termen 'domain-specific theories' ('domän-specifika teorier') och Hiebert, Gallimore och Stigler (2002) använder termen 'local hypotheses':

These hypotheses or rationales begin transforming knowledge gained in one classroom into a form that can help other teachers think about how this practice might work in their context. Local hypotheses gradually develop into theories that can be tested and refined across a range of contexts. (sidan 7)

Mitt förslag till svensk terminologi är en 'ämnesdidaktisk teori för undervisning i aktuellt innehåll'. Det är en undervisningsteori som bygger på ämnesdidaktisk forskning. I titeln på min avhandling skriver jag: 'På väg mot en ämnesdidaktisk teori för undervisning i biologisk evolution'. I dagsläget kallar jag den som genererats genom analys av resultaten i avhandlingen för en hypotes. Denna kan ytterligare prövas och utvärderas i framtida designexperiment och därmed utvecklas till en ämnesdidaktisk teori.

KAPITEL 2

OM KUNSKAP, KUNNANDE OCH LÄRANDE

I detta kapitel redovisar jag de epistemologiska överväganden som jag gjort. Först diskuteras kunskap och kunnande och vilken innebörd jag lägger i dessa termer. Därefter redovisar jag några olika perspektiv på lärande inklusive avhandlingens teoretiska plattform, samt vilka konsekvenser dessa får för undervisning. Kapitlet avslutas med en jämförelse mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande.

2.1 Kunskap och kunnande

I denna avhandling kommer jag att skilja på kunskap och kunnande. Jag definierar kunskap som den i samhället gemensamt åstadkomna och samlade kunskap som finns i böcker, artiklar och andra artefakter, medan kunnande är personligt för varje individ. I naturvetenskapen är kunskapen dess teorier, modeller och begrepp. Kunnande i naturvetenskap är den personliga förståelsen och det personliga användandet av kunskapen. Kunnandet är dynamiskt och skapar nytt kunnande. Detta sker när personen lär sig till exempel genom undervisning i skolan. Men kunnandet kan också skapa för samhället ny kunskap. Detta senare är forskning. En poäng med att använda termen kunnande är alltså att visa på den dynamiska, aktiva och nyskapande process som lärandet utgör då individen interagerar med miljön (inklusive andra individer) och då för personen nytt kunnande skapas. Andersson (2000a) och Bach (2001) använder också termen kunnande för att visa på dessa dynamiska egenskaper.

Liknande resonemang förs i engelskspråkig litteratur t.ex. Cochran, DeRuiter och King (1993) som anser att termen 'knowledge' är för statisk och använder istället 'knowing'. Berieter (2002) använder uttrycket 'the knowing mind' och skiljer på forskning och lärande:

*Thus, creating a knowledge object is one thing whereas knowing and helping others to know is another. The first I call **knowledge building**; the second, **learning**. Everyone learns and in some fashion everyone teaches. But not everyone produces or works with or is even aware of conceptual artefacts.* (sidan 68)

Aikenhead (2000) refererar till en fras lånad från utbildare med kanadensiskt indianskt ursprung, 'coming to knowing'. Bowden och Marton (1998) resonerar om lärande och ser universitetets tre uppgifter i termer av läran-

de. Forskning är lärande av för samhället ny kunskap, undervisning är lärande av i samhället befintlig kunskap och tredje uppgiften är allmänhetens lärande.

Poppers tre världar

Popper (1972) skiljer mellan tre olika världar:

- Värld 1 – den materiella världen
- Värld 2 – den subjektiva eller mentala världen, som består av våra medvetna erfarenheter
- Värld 3 – den objektiva idévärlden, som består av det logiska innehållet i böcker, bibliotek, datorminne och liknande

Bereiter (2002) gör läsaren uppmärksam på tre punkter som Popper själv påpekar om Värld 3 och som Bereiter anser har betydelse för kunskapsbildning idag. För det första är innehållet i Värld 3 i sin helhet mänskliga konstruktioner. För det andra kan dessa mänskliga konstruktioner vara felaktiga, men de kan förbättras, de är utvecklingsbara. Kunskap blir med Poppers syn alltså något man kan arbeta med. För det tredje och det mest kontroversiella är att dessa mänskliga konstruktioner får 'ett eget liv' oberoende av dess skapare. De kan upptäckas ha egenskaper, förtjänster och brister, implikationer och applikationer, som deras skapare inte kunde ha förutsett.

Kunskap som jag använder det blir då lika med innehållet i Värld 3 och kunnande blir innehållet i Värld 2. De fenomen som i naturvetenskapen beskrivs och förklaras i Värld 3 finns i Värld 1 och förstås i Värld 2.

En metafor för undervisning och lärande i naturvetenskap

Min ontologiska syn är materiell och icke-dualistisk (monistisk), dvs. den hypotes som Windahl (2003) kallar för 'emergent materialism'. Jag skiljer alltså inte mellan kropp och själ, kropp och medvetande eller vilken översättning man väljer för 'body and mind'. Medvetandet är en konsekvens av kroppens arbete i en miljö och då kanske främst hjärnans arbete. Enligt detta synsätt finns endast en värld och den skulle motsvara Poppers Värld 1 och denna värld innesluter Värld 2 och Värld 3. Det finns alltså ontologiska problem med de tre världarna. Jag anser dock att 'Poppers tre världar' är en användbar metafor för resonemang om undervisning och lärande i naturvetenskap. Poängen är alltså epistemologisk.

Metaforen för naturvetenskaplig undervisning blir då att studera fenomen i naturen (Värld 1) med hjälp av naturvetenskapens teorier, modeller och be-

grepp (Värld 3) genom ett kunskapsbyggande projekt som resulterar i kunskande hos barn, elever eller studenter (Värld 2).

Bereiter (2002) argumenterar för att eleverna i naturvetenskaplig undervisning ska engageras i kunskapsbyggande av objekt i Värld 3. En stor fördel med detta är enligt Bereiter att kunskap behandlas som något verkligt i denna Värld 3 och han kallar dessa för 'begreppsliga artefakter'. Detta synsätt överensstämmer med de undervisningssekvenser som producerats i vår forskningsmiljö. Dessa har en naturvetenskaplig modell eller teori i fokus, en partikelmodell för gaser (Andersson & Bach, 1996), modellen om ljusets linjära utbredning (Bach, 2001) och sekvensen i denna avhandling, den biologiska evolutionsteorin.

2.2 Några olika perspektiv på lärande

Olika perspektiv på lärande lägger huvudfokus i forskningen på olika nivåer, från kognitiva processer i hjärnan till deltagande i olika kulturer. Jag har valt att presentera tre olika perspektiv, det sociokulturella, det femnografiska och det konstruktivistiska. Därefter följer en diskussion om man kan förena olika perspektiv, innan det perspektiv jag valt i avhandlingen presenteras. Avsnittet avslutas med några konsekvenser för undervisning olika perspektiv på lärande kan få.

Sociokulturellt perspektiv

Det sociokulturella perspektivet lägger forskningsfokus på deltagande i olika kulturer. Säljö (2000) skriver:

...om man skall studera den företeelse vi kallar lärande i ett sociokulturellt perspektiv, måste man uppmärksamma tre olika, men samverkande, företeelser:

1. *utveckling och användning av intellektuella (eller psykologiska/språkliga) redskap*
2. *utveckling och användning av fysiska redskap (eller verktyg)*
3. *kommunikation och de olika sätt på vilket människor utvecklat former för samarbete i olika kollektiva verksamheter. (sidorna 22 – 23)*

I denna forskning studerar man oftast kommunikationen inom en grupp av individer i en viss miljö. En individ socialiseras under lärandet in i en kulturell gemenskap från en perifer till en mer central roll under lärandet. Ett typexempel på detta är relationen mästare och lärling. Man skiljer mellan 'primär socialisation' som sker i en mindre gemenskap, ofta en familj, och 'sekundär socialisation' som sker t.ex. i skolan. I skolan är lärande ett mål i sig och lärandet blir då av nödvändighet dekontextualiserat (Säljö, 2000). Han skriver vidare att just denna dekontextualisering av lärandet är en förutsättning för lärande i ett komplext samhälle. Den skapar också problem,

eftersom alla handlingar vi människor sysslar med till viss del är beroende av den miljö vari handlingen sker, handlingar är situerade. Extrema företrädare för situerat lärande skulle kunna säga att allt lärande är helt beroende av den miljö där lärandet sker, vilket skulle medföra att skolutbildning skulle vara oanvändbar. Medvetenheten om att lärande och kunnande är mer eller mindre situerat är dock en viktig aspekt att ta hänsyn till i undervisning i skolan. Bereiter (2002) skriver:

... let us simply acknowledge that all our behavior is situated, in the same way that all fish behavior and all squirrel behavior is situated ... Should not this be the starting point rather than the ending point of our effort to understand human knowledge? (sidan 61)

Bereiter (2002) visar med ett exempel hur skolmatematik gjorde det möjligt för sommarlovsarbetande ungdomar att sätta igång att arbeta direkt istället för att vänta på att bli insocialiserade:

School arithmetic has the advantage that it works in an unlimited range of situations, perhaps never as well as knowledge evolved in and adapted to each particular situation, but usually much better than quantity-manipulating knowledge evolved in one situation being transferred to another... School mathematics seems to represent a different kind of knowledge, a kind that is in some sense less situated. That is, it is not knowledge embedded in some community of practice but rather it is knowledge there for the taking, by anyone who has access to it and who can make something of it. This, I believe, is the knowledge we are talking about when we talk about the Knowledge Age and knowledge-creating companies. Without denying the importance of situated knowledge, we need to work out a clearer understanding of this other kind of knowledge. (sidan 61)

Aikenhead (2000) ser lärande som ett kulturellt fenomen. Naturvetenskap är en västerländsk företeelse, en subkultur, och för att alla elever i ett internationellt perspektiv ska undervisas i naturvetenskap anser han att undervisningen bör anta ett pluralistiskt, multivetenskapligt, kulturellt perspektiv. Barn, elever eller studenter behöver hjälp med att överskrida kulturella gränser och dessa varierar beroende på undervisningsgrupp. En kulturgräns som alla behöver hjälp att se är den mellan vardagstänkandet och det vetenskapliga tänkandet. Aikenhead skriver:

The issue of different discourses between subcultures is just one of many issues that arise when border crossing is made explicit for students. (sidan 253)

/.../

Science-as-culture can often provide a useful starting point. (sidan 255)

Schoultz (2000) studerade elevers kunnande i naturvetenskap i ett sociokulturellt perspektiv. Han fokuserar på samtalet mellan elever och intervjuare. Andra kommunikationer av intresse i detta perspektiv är mellan andra deltagare i skolkulturen t.ex. lärare och elev, enskilt eller i grupp, eller inom och emellan elevgrupper. Ett begrepp från Vygotsky (1986) som ofta tas upp i detta sammanhang är ZPD 'zone of proximal development'. Skillnaden mellan vad barnet, eleven eller studenten kan helt på egen hand och

vad han/hon kan med assistans från en mer erfaren deltagare, central individ i miljön. Utifrån detta perspektiv får läraren i skolan en mycket central roll som bärare av t.ex. den naturvetenskapliga kulturen och den som ska vara central individ då barnen, eleverna eller studenterna ska socialiseras in i denna kultur.

Det sociokulturella perspektivet anses ta sin utgångspunkt i Vygotskys arbeten. Jag läste Vygotsky (1986) innan jag kom i kontakt med det sociokulturella perspektivet och blev något förvånad eftersom jag uppfattar att man mycket väl skulle kunna ha Vygotsky som utgångspunkt även för ett perspektiv med fokus på t.ex. individens lärande. I och för sig diskuterar han mycket språkets betydelse för kommunikation, men också dess betydelse för individens tänkande.

Även om studier inom det sociokulturella perspektivet fokuserar på miljön, kulturen eller kontexten och den kommunikation som sker där, den specifika diskursen, så finns förstås individerna där. Det sociokulturella perspektivet har uppmärksammats bland ämnesdidaktiker på senare tid och har genom denna fokusering berikat synen på det individuella lärandet.

Bereiter (2002) uttrycker sig dock kritiskt mot kunskapssynen inom det sociokulturella perspektivet:

Knowledge does not exist either in a world of its own or as stuff in individual minds but is an aspect of cultural practice. /.../ This approach has proved illuminating in many respects, but in my view it is most applicable to traditional, slowly evolving communities of practice and is not an approach that will carry us far into the Knowledge Age. (sidan 58)

Fenomenografi

Marton och Booth (2000) skriver att de föredrar att beskriva lärande i termer av erfارande av lärande, eller lärande som förmågan att erfara världen på ett eller annat sätt. Centralt i detta perspektiv blir att lärandet har en *hur*-aspekt och en *vad*-aspekt. Hur-aspekten har att göra med den övergripande förståelsen av lärande, läsning eller problemlösning. Vad-aspekten är förståelse av det ämne som texten behandlar eller det fenomen som ingår i problemet. Detta erfارande kan ske på kvalitativt olika sätt. De skriver:

Enligt den ståndpunkt vi lägger fram äger lärandet rum – uppstår kunskapen – genom en förändring av något i världen, såsom det erfars av en person. Det nya sättet att erfara någonting konstitueras i person-världförhållanden och involverar båda.

/.../

Person och värld, inre och yttre, de skiljs inte åt. Vi tvingas inte redogöra för hur kunskapen förflyttas från den ena sidan till den andra. I stället för att försöka redogöra för hur person-värld-relationen etableras, slår vi fast var detta förhållan-

de är beläget och studerar hur det förändras under inflytande av tidens gång. (sidan 180)

Fenomenografin är icke-dualistisk och företrädarna avvisar den dualism som de anser finns i konstruktivismen mellan människa och värld. Genom denna icke-dualism säger sig Marton och Booth (2000) ha löst Menons paradox:

Hur kan man söka efter någonting när man inte vet vad det är? Man vet inte vad man skall leta efter, och om man skulle stöta på det, skulle man inte känna igen det som det man letar efter. (sidan 16)

Lärande blir då omöjligt men vi lär oss uppenbarligen och däri ligger paradoxen. Författarna säger att de löst paradoxen genom att inte göra någon åtskillnad mellan inre och yttre eller mellan subjekt och objekt. De menar vidare att för människor finns ingen annan värld än den erfarna världen så som den erfars av alla människor nu och i framtiden.

Lärande i ett fenomenografiskt perspektiv medför att den lärande utvecklar en förmåga att erfara ett visst fenomen när det framträder på ett särskilt sätt i nya situationer. Det innebär att relationen mellan den lärande och fenomenet förändras. Den som lär har fått förmågan att urskilja aspekter av fenomenet som han/hon inte kunde urskilja tidigare. Han/hon kan dessutom samtidigt vara fokuserat medveten om andra eller fler aspekter av fenomenet än tidigare.

Forskningsfokus i fenomenografi är variationen i kvalitativt olika sätt att erfara ett fenomen (Marton & Booth, 2000). Genom att studera människors olika sätt att erfara ett fenomen intar man i fenomenografin det man kallar andra ordningens perspektiv. Summan av dessa olika sätt att erfara ett fenomen utgör i fenomenografisk forskning det s.k. utfallsrummet. Karakteristiskt för fenomenografisk forskning är att utfallsrummet skapas genom att olika sätt att erfara kategoriseras. Eftersom en enskild individ kan ha flera olika sätt på vilket han/hon kan erfara ett och samma fenomen kan en individs resonemang hamna i flera olika beskrivningskategorier. Eftersom det fenomenografiska forskningsprogrammet är relativt nytt har det inte blivit utsatt för någon större kritik när det gäller lärande av naturvetenskap (Erickson, 2000). Han pekar dock på att det som framkommit är att företrädarna för fenomenografin bör klargöra de ontologiska och epistemologiska grundantagandena. Bach (2001) menar att det blir problematiskt att studera naturvetenskapliga modeller inom fenomenografin, på grund av att ontologin och epistemologin faller samman. Dessutom har forskningsinriktningen fått kritik för att inte ta hänsyn till de sociala och diskursiva aspekterna av människans erfارande (Erickson, 2000). Exempel på fenomenografiska forskningsstudier med naturvetenskapligt innehåll är bl.a. Renström, Andersson och Marton (1990), Adawi (2002) och Emanuelsson (2001).

Inom den fenomenografiska forskningstraditionen har en teoretisk inriktning som tagit fasta på variationen i sätt att erfara utvecklats och denna kallas variationsteori (Marton & Morris 2002).

Konstruktivism

Piagets genetiska epistemologi (se Furth, 1969) är för mig utgångspunkten för detta perspektiv på lärande. Piaget var biolog och detta var en biologiskt inspirerad teori för lärande, som Andersson (2001) beskriver:

Piagets syn på lärande och kunnande är biologiskt grundat. Intelligensen uppfattas som ett biologiskt 'organ' vars funktion hjälper oss att vara anpassade till omvärlden. Men funktion förutsätter struktur. Därför är idén om tankestruktur en nödvändig ingrediens i Piagets teoretisering. Då strukturerna är aktiva och konstruerar tänker vi, löser problem, förstår, minns, begriper, varseblir m.m. Begrepp, uppfattningar och minnesbilder är aspekter av strukturernas aktivitet. Vi har alltså enligt detta synsätt varken begrepp eller bilder lagrade i vår hjärna. Vi har strukturer. (sidan 10)

Erickson (2000) skiljer på Piagetanskt och konstruktivistiskt forskningsprogram. I båda programmen finns förförståelse i fokus och kunnande förklaras i termer av mentala modeller eller strukturer. Forskningsprogrammet enligt Piaget bygger på biologisk utveckling och stadieteorin, vilket förändrar strukturerna generellt, medan ett grundantagande inom konstruktivismen är att lärande förändrar de mentala strukturerna vad gäller lärandets innehåll.

Konstruktivism medför att den lärande är en aktiv konstruktör av sitt eget kunnande. Detta konstruerande är en ständigt pågående process, som sker i alla de olika situationer då individen lär. Piaget utgick ifrån individer som biologiska varelser vilka föds med hjärnor innehållande olika strukturer. Dessa strukturer i hjärnan kallas ibland för kognitiva scheman (Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994) och dessa formas och utvecklas då individen agerar i världen. Intellectuell utveckling ses som progressiv anpassning av individens scheman till miljön. Piaget bortsåg inte från den sociala miljön, men fokuserade på individer. Lärande hos individen fordrar inre mental aktivitet och resulterar i att tidigare strukturer kvalitativt förändras. Piaget såg detta som en subjekt-objekt relation. Två viktiga begrepp i Piagets epistemologi är assimilation och ackommodation. Så länge ny information överensstämmer med befintliga strukturer assimileras denna, men då överensstämmelse inte finns upplever individen en obalans och då sker en förändring av strukturerna, en ackommodation. Karmiloff-Smith (1992) arbetade tillsammans med Piaget och hon menar att senare studier har visat att den mänskliga individen föds med mer utvecklade strukturer än vad Piaget kom fram till. Evolutionen skulle alltså ha försett människan

med ett ännu starkare utgångsläge för lärande än Piaget ansåg utifrån sina studier.

Termen konstruktivism används med så många olika innebörder att det blivit något urvattnat. Bereiter (2002) skriver:

Although constructivism is nominally attributed to Piaget ... the operative meaning of constructivist learning among school people is essentially the same as 'learning by doing' (sidan 383)

...Constructivism is taken to mean independent hands-on activities, ignoring the outstanding examples of constructivist education that depend on teacher-led, highly focused inquiry ... (sidan 4)

Bach (2001) gör en jämförelse mellan konstruktivism och empirism. Empirism medför att man betraktar den lärande som en passiv mottagare av förhoppningsvis välstrukturerat undervisningsinnehåll, som mer eller mindre problemfritt mottas och blir individuellt kunnande. I kontrast till empirism får konstruktivismen stor betydelse för hur man ser på lärande och undervisning. Barn, elever och studenter har innan någon form av formell undervisning startar utifrån ett konstruktivistiskt synsätt konstruerat personligt kunnande om en mängd fenomen i sin omvärld. En startpunkt för lärande finns i individens gener och har utvecklats och anpassats i rådande miljöer genom evolutionen. Gener och miljö är förutsättningar för varandra. Den potential för lärande som generna ger kan aldrig utvecklas hos individen om den inte möter en miljö. I miljön inkluderar jag även människor och social samverkan. Det är ofruktbart att resonera om vad som har störst betydelse i detta sammanhang, gener eller miljö. De är varandras förutsättningar kontinuerligt genom individens liv.

Piaget arbeten har haft och har fortfarande stor betydelse för förståelsen av naturvetenskaplig begreppsbildning och lärande i samband med naturvetenskaplig undervisning.

Inom undervisning blir begrepp, begreppsbildning och begreppsförståelse centrala. Det spontana lärande som sker genom individens medverkan i olika sammanhang leder också till begreppsbildning. Vad menar vi med ett begrepp? Begreppet 'begrepp' är inte lättfångat i en enkel definition. Furth (1969) definierar 'concept':

In a logical sense, a mental construct of the generalizable aspect of a known thing; it has an intension (or comprehension) answering the question, 'What is its essence?' and an extension answering the question as to which things are exemplars of the concept. In a psychological sense, a concept is identical with an individual's internal structure (e.g., 'practical' concept). In its verbal manifestations, concept is a verbalized expression of a logical concept together with its verbalized expression; however, verbalization is extrinsic to the logical concept as such. (sidan 260)

Inom vetenskapen är viktiga begrepp relativt väldefinierade och kommunicerade inom vetenskapssamhället. Undervisning i naturvetenskap handlar i stor utsträckning om begreppsbyggnad. Barn, elever och studenter har innan undervisning konstruerat begrepp om naturvetenskapliga fenomen. Dessa kan skilja sig markant från de vetenskapliga begreppen. Mycket av den forskning som gjorts om lärande inom naturvetenskap har handlat om begreppsbyggnad genom undervisning.

En gren inom denna forskning använder en begreppsförändringsmodell 'the conceptual change model (CCM)' initierad av Posner, Strike, Hewson och Gertzog (1982) där författarna diskuterar vad som fördras för att en elev ska ändra en begreppsuppfattning mot en som mer överensstämmer med den vetenskapliga. Detta är en modell för lärande och säger inget om hur undervisning ska utföras. Författarna sätter upp fyra punkter som de anser krävs för en begreppsförändring (fritt översatt):

- Det befintliga begreppet måste upplevas otillräckligt och det nya begreppet måste:
- vara begripligt
- vara trovärdigt
- upplevas användbart för att lösa nya problem

Begreppsförändringsmodellen har utsatts för kritik bland annat på grund av att modellen innehåller begreppsutbyte (Caravita & Halldén, 1994; Helldén & Solomon, in press). Denna kritik bemöter Duit och Treagust (2003) på följande sätt:

... It should be remembered that a replaced conception is not forgotten and the learner may wholly or partly reinstate it at a later date. (sidan 676)

Most of the evidence from this study indicated that conceptual change which meets the criteria of dissatisfaction, intelligibility, plausibility and fruitfulness is not necessarily an exchange of conceptions for another but rather an increased use of the kind of conception that makes better sense to the student. (sidan 677)

Författarna påpekar att modellen har utvecklats och blivit mer och mer sofistikerad under de senaste 25 åren. Denna utveckling är nödvändig för att möta det komplexa fenomen som naturvetenskapligt lärande och undervisning utgör. Detta kan dock medföra problem genom att gapet mellan teori och praktik ökar:

... However, the gap between what is necessary from the researcher perspective and what may be set into practice by 'normal' teachers has increased more and more also. In other words, there is the paradox that in order to adequately address teaching and learning processes research alienates the teachers and hence widens the 'theory-practice' gap. (sidan 683)

Solomon (1983; 1984) menar att det inte sker begreppsutbyte utan att vi har olika domäner av kunnande samtidigt. Helldén och Solomon (in press) diskuterar att olika upplevelser associerar till olika minnesfunktioner. Många vardagsföreställningar är förknippade med händelseminnet (episodic memory) och den i skolan lärda naturvetenskapen associerar till det semantiska minnet. Kärrqvist (1985) finner också att eleverna inte gör utbyte av modell utan att de utökar sin repertoar. Från början hade de kanske bara en enda och hon finner att denna finns kvar och används, men användandet av den ursprungliga modellen minskar i frekvens och ersätts av modeller med större förklaringsvärde. Elevernas ursprungliga modeller försvinner alltså inte men de används mer och mer sällan.

Pintrich, Marx och Boyle (1993), Pintrich (1999) samt Duit och Treagust (2003) kritiserar modellen för att inte ta hänsyn till sociala faktorer och affektiva aspekter som eleverna har t.ex. intentioner, värderingar, självförtroende att lära, kontroll över lärandet. Strike och Posner (1992) har redan tidigt uppmärksammat kritiken och startat utvecklingen av modellen. Duit och Treagust påpekar också att naturvetenskapens karaktär inte uppmärksammas tillräckligt. De olika författarna vill dock inte förkasta modellen utan pläderar för en utvidgning. Duit och Treagust uttrycker att modellen har förtjänster:

... These conceptual change approaches have proven superior to more traditionally-oriented approaches in a number of studies. (sidan 674)

Linder (1993) kritiserar modellen utifrån ett fenomenografiskt perspektiv. Han argumenterar för att fokusera på att öka elevernas förmåga att skilja mellan olika sätt att uppfatta ett begrepp, istället för att diskutera begreppsutbyte. Säljö (1999) resonerar utifrån ett sociokulturellt perspektiv. Han menar att begrepp är diskursiva och därför ska ses som diskursiva verktyg och inte mentala strukturer.

Caravita och Halldén (1994) samt Halldén (1999) argumenterar för att syftet med lärande inte är att överge befintliga idéer för nya utan att utöka repertoaren av idéer om den fysiska och kulturella världen. De förkastar dock inte begreppförändringsmodellen för alla områden. T.ex. menar de att vad gäller biologisk evolution och månens faser måste eleverna överge vardagsföreställningarna om de ska kunna utveckla vetenskaplig förståelse. Både en utökning av repertoaren av begrepp och begreppsförändring ryms under etiketten konstruktivism. Därunder skulle jag också kunna infoga en vidareutveckling av vardagsförklaringar. Det ställer dock höga kvalitativa krav på dessa så att de inte är oförenliga med naturvetenskapens (Turmo, 2003).

Förening av flera perspektiv?

Sfard (1998) skriver om två metaforer för lärande. Hon kallar dem för erövrandedemetaforen respektive deltagandedemetaforen och diskuterar faran med att endast välja en av dessa. Bach (2001) diskuterar dessa metaforer och svårigheten att definiera in t.ex. Piagets genetiska epistemologi i någon av dem. Erövrandedemetaforen objektifierar kunskap på ett sätt som Bach inte anser stämmer med det dynamiska kunnandet. Metaforen med Poppers tre världar skulle kunna förena detta genom att kunskap är objekt i Värld 3 och kunnandet skapas genom dynamiska processer i Värld 2.

Leach och Scott (2003) förenar individuella och sociokulturella perspektiv på lärande i naturvetenskaplig undervisning till vad de kallar socialkonstruktivism. De menar att det finns två huvudgrenar med avseende på lärandeperspektiv som brukar refereras till i studier om naturvetenskaplig undervisning. Den ena huvudgrenen härstammar från Piagets genetiska epistemologi och fokuserar huvudsakligen på individens lärande. Den andra huvudgrenen härstammar från Vygotskys psykologi och fokuserar huvudsakligen på den sociala interaktionen mellan individer eller mellan individer och kulturella produkter, alltså fokus på det sociokulturella. Andersson (2001) väljer en liknande teoretisk plattform:

Plattformen kan karaktäriseras som 'socialkonstruktivistisk', vilket i korthet innebär att kunnande ses som individuellt konstruerat men socialt medierat. Detta synsätt är inspirerat av såväl Piaget som Vygotsky. (sidan 9)

Erickson (2000) påpekar att olika forskningstraditioner utgår från olika centrala grundantaganden som inte förändras. Han menar därför att olika traditioner eller perspektiv inte låter sig förenas utan att man adderar ett skyddande bälte av hjälphypoteser då grundantagandena inom perspektivet hotas.

Avhandlingens perspektiv

Det sociokulturella perspektiv är bäst lämpat för s.k. autentiska miljöer, där individen börjar som en perifer medlem och genom lärandet blir mer och mer insocialiserad. Det bästa utbildningssystemet enligt detta perspektiv bör vara ett mästare – lärlingssystem. Detta är dock inte möjligt att genomföra inom skolsystemet i varje fall inte fullt ut. Skolundervisning blir med nödvändighet dekontextualiserad. Det sociokulturella perspektivet medför att höga krav ställs på läraren som i skolan är den centrala personen som står för t.ex. den naturvetenskapliga kulturen i vilken eleverna ska socialiseras in. Fokus i detta perspektiv är på kommunikationen mellan individer i en viss kontext. Eftersom jag i avhandlingen främst intresserar mig för individers lärande och kunnande blir ett sociokulturellt perspektiv inte ade-

kvat för studien. I och för sig är jag även intresserad av den kommunikation som sker mellan elever och mellan lärare och elever och undersöker den kontext där lärandet sker, men det är inte studiens huvudfokus.

I och med att jag valt att fokusera på individers lärande och kunnande blir inte heller ett fenomenografiskt perspektiv adekvat. I det fenomenografiska forskningsperspektivet utgår man från samtliga yttrande individer gör angående ett visst fenomen och avpersonifierar dessa. Eftersom individer ofta har olika alternativa och vetenskapliga idéer samtidigt och använder olika förklaringsmodeller i olika kontexter kan detta angreppssätt ha fördelar. I min studie är dock individerna och deras utveckling av kunnande i evolutionsteori utifrån deras förförståelse i fokus. Jag har valt ett konstruktivistiskt perspektiv som på många olika sätt stämmer överens med mitt sätt att förstå lärande.

Jag delar Ericksons (2000) uppfattning att olika perspektiv inte så lätt låter sig förenas. I avhandlingsarbetet utgår jag från en konstruktivistisk teoretisk plattform med dess grundantaganden. Däremot anser jag inte att det är hjälphypoteser som läggs till, utan modellen vidareutvecklas genom komplettering med fler variabler som visat sig påverka lärande. Det är så modeller utvecklas för att bättre beskriva, förstå, förklara och förutsäga olika fenomen i det här fallet lärande och kunnande. Olika variablers inbördes betydelse kan variera beroende på i vilket sammanhang lärande sker och vilka individer som lär.

Jag anser inte att konstruktivismen behöver ses som dualistisk varken mellan person – värld eller mellan kropp – medvetande (body – mind). Min ontologiska ståndpunkt är att det finns en verklighet (en värld) som innefattar natur och allt liv inklusive människan. Det är levande organismer som skapar kulturer och därmed finns dessa också i världen. Människan är alltså en del av verkligheten och har genom evolutionen begåvats med en hjärna som gör det möjligt för henne att reflektera över denna verklighet och utifrån detta konstruera modeller/teorier som är i verkligheten men inte är avbildningar av verkligheten. Detta harmoniserar väl med begreppet 'the embodied mind' som används av Lakoff och Johnson (1999). Lärande är en biologisk funktion och har funnits i evolutionshistorien redan innan arten människan. Det är rimligt att föreställa sig att en liten förbättring av egenkapen lärande ger individer en selektiv fördel i många olika miljöer.

Det lärande som jag är speciellt intresserad av att studera är lärande av naturvetenskapliga begrepp, modeller och teorier. I fokus för lärande och undervisning i denna avhandling står en naturvetenskaplig teori, evolutionsteorin. I begreppförändringsmodellen skiljer Hewson (1981) mellan be-

greppsupptagande och begreppsbyte. Begreppsbyte behöver dock inte betyda att det tidigare begreppet raderas bort, utan att individen oftare och oftare och kanske senare alltid då liknande uppgifter ska lösas använder sig av den nya och mer fruktbara begreppet. I vilket fall som helst har det skett en begreppsförändring hos eleven. Beroende på elevens tidigare begrepps-ekologi kan lärande i naturvetenskap vara en relativt enkel historia. Det gäller om de begrepp som presenteras passar väl in i elevens begrepps-ekologi. Annars kan lärande vara en mycket mödosam process.

En naturvetenskaplig begreppsförståelse och en användning av denna i vardagssituationer skulle medföra ett bättre handlande i många vardagliga situationer. Helldén och Solomon (in press) skriver att naturvetenskapligt kunnande inte ofta används utanför skolan. Är det så? Och i så fall är det önskvärt att det är så? På sista frågan svarar jag nej! En uppgift som skolan och den naturvetenskapliga utbildningen har är att göra det naturvetenskapliga innehållet sådant att det kunnande som utvecklas kan användas även i vardagslivet.

Konsekvenser för undervisning med olika perspektiv

Min tolkning av fenomenografiskt och konstruktivistiskt perspektiv på lärande ger liknande konsekvenser för undervisning. Båda perspektiven poängterar att undervisningens innehåll ska stå i fokus. Inom fenomenografi/variationsteori diskuterar man lärandets objekt och menar att lärandet i en skolklass påverkas av hur man handskas med detta (Marton & Morris, 2002). Runesson och Marton (2002) skiljer mellan 'the intended object of learning' och 'the enacted object of learning'. Det förra är vad läraren beslutar att eleverna ska lära sig, men i vilken utsträckning och vad de lär är en annan fråga. Det senare är därför vad som framträder i klassrummet och som författarna menar konstitueras av läraren och eleverna tillsammans. Inom det konstruktivistiska perspektivet är också lärandets objekt centralt. Detta utgörs inom naturvetenskaplig undervisning ofta av en teori, alltså objekt i Värld 3 i metaforen för undervisning där Poppers tre världar används.

Om man har fenomenografi eller variationsteorin som grund för lärande av begrepp kommer ett viktigt inslag i undervisningen att vara att de olika sätt på vilket dessa uppfattas ska göras explicita i klassrummet, både olika vardagsföreställningar och naturvetenskapens ståndpunkt. Inom konstruktivism och begreppsförändringsmodellen görs också dessa olika uppfattningar av ett begrepp explicita. En central position i modellen har alltså elevens kunnande inom ett område innan själva undervisningen startar. Det är därför viktigt att undersöka vilka befintliga begrepp och förklaringsmodeller

eleverna använder när de löser givna uppgifter innan undervisningen. Dessa idéer ska explicitgöras både för lärare och för elever. I detta hänseende förordas liknande strategier både i begreppsförändringsmodellen som inom ett variationsteoretiskt perspektiv.

Lijnse (1995) ifrågasätter hur man genom diskussioner av olika idéer, där elevernas idéer ofta sjunker i status jämfört med de naturvetenskapliga idéerna, positivt kan få eleverna att acceptera de mer vetenskapliga idéerna. Han sätter här fokus på en viktig punkt. Det gäller för läraren att skapa ett klassrumsklimat där olika idéer får komma fram och diskuteras utan att elever tar idéerna som tillhörande sin personlighet. Ett klassrum där alla olika idéer respekteras och ses som en tillgång och där dessa idéer får möta varandra måste på något sätt skapas. Jag anser att det till och med kan bli tvärt emot vad Lijnse befarar, om eleverna blir medvetna om att de delar de alternativa idéerna med många klasskamrater och dessutom med många historiska och nu levande personer blir kanske misslyckandekänslan obefintlig. Det är viktigt att läraren gör stora ansträngningar att få ett tillåtande klassrumsklimat. Både inom fenomenografi/variationsteori och konstruktivism/begreppsforändringsmodellen menar företrädarna att det är i jämförandet mellan olika uppfattningar om samma fenomen som lärandet sker.

Vid undervisning baserad på begreppsforändringsmodellen för lärande diskuteras ofta en konfliktstrategi. Den första förutsättningen som Posner et al. (1982) anser nödvändig för att en konfliktsituation ska uppstå är att eleven ska känna att befintlig begreppsforståelse är otillräcklig. Vid mötandet av nya begrepp uppkommer då en kognitiv konflikt. Detta har av vissa författare tolkats som negativt (se ovan Lijnse, 1995). Caravita och Halldén (1994) menar att när den kognitiva konflikten blir explicit har förändringen redan skett. Är det så? En konflikt kan ju inte uppstå innan det nya begreppet för individen är både begripligt och trovärdigt, men det är i användbarheten som konflikten blir tydlig och kanske kan man säga att förändringen redan startat men inte slutförts om man någonsin kan tala om ett slutförande. En kognitiv konflikt behöver inte upplevas som negativ utan kan ju vara både positivt utmanande och tankestimulerande (Kärrqvist, 1985).

Duit (1999) påpekar att eleven måste 'se' att det är en konflikt och menar att så ofta inte är fallet. Dessutom verkar elever vara bra på att klara av att bära den här sortens konflikter. De kanske inte ens upplever dem. Det verkar alltså som om elever kan ha kunnande i olika domäner om samma fenomen även om dessa strider mot varandra. Solomon (1983; 1984) och Helldén och Solomon (in press) visar att naturvetenskapligt kunnande lärt i skolan kan samexistera med vardagsföreställningar i elevernas medvetande. Solomon (1983) skriver:

The deepest levels of understanding are achieved neither in the abstract heights of 'pure' physics, nor by a struggle to eliminate the inexact structures of social communication, but by the fluency and discrimination with which we learn to move between these two contrasting domains of knowledge. (sidan 58)

Elever kan också undvika kognitiva konflikter om de inte bekymrar sig för om begreppet passar in i deras begreppsekologi eller inte. Det verkar ju inte så besvärligt att leva med kunnande i olika domäner utan att låta dessa mötas. Det är dessa möten som olika undervisningsstrategier försöker åstadkomma, både de som bygger på variationsteori/fenomenografi och de som bygger på konstruktivism. Duit (1999) skriver att det finns en substantiell mängd empiriska studier som visar att utmaningar av elevernas begreppsförståelse på något sätt resulterar i signifikant bättre lärande jämfört med strategier som inte utmanar eleverna explicit.

Konstruktivism liksom fenomenografi utgör perspektiv på lärande och dessa medför inte föreskrivande av någon given undervisningsmetod. Millar (1989) och Bereiter (2002) påpekar att det inte är ovanligt att konstruktivism förknippas med ett speciellt sätt att undervisa. Ett svenskt exempel på detta är när Claesson (2002) diskuterar konstruktivistisk undervisning och exemplifierar med ett speciellt sätt att undervisa.

2.3 Kunskap, kunnande och tänkande i vardag och vetenskap

Kunskap och kunnande i vetenskap skiljer sig från den kunskap och det kunnande som människan konstruerar i vardagen. Jag har här valt termerna vardagskunskap och vardagskunnande för den kunskap och det kunnande som människor konstruerar under livet utanför vetenskaplig skolning. Detta konstruerande sker dels individuellt och dels i social samvaro med andra och ger upphov till personligt kunnande. Detta personliga kunnande ser jag inte som något som finns fixt och färdigt i hjärnan, utan detta kunnande visar sig i relationer då individen möter ett fenomen och då aktiveras olika nätverk i hjärnan. Fenomen har här en vid definition; böcker och andra artefakter, naturen, människor och aktiviteter dem emellan. Det tänkande som är förknippat med vardagskunskap och vardagskunnande kallar jag för vardagstänkande och det tänkande som har att göra med vetenskap kallar jag för vetenskapligt tänkande. I fortsättningen när jag diskuterar vetenskaplighet avser jag oftast naturvetenskap, eftersom det är det som är denna avhandlingens ämnesdidaktiska inriktning.

Andra författare har valt andra termer för det jag kallar vardagskunskap, vardagskunnande och vardagstänkande. Till exempel Vygotsky (1986) använder termen spontant tänkande och Paludan (2002) använder termerna hvardags-, normal- och basistankegång.

Skillnader mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande

Wolpert (1992) och Dunbar (1995) påpekar att naturvetenskap är helt främmande för de flesta människors sätt att tänka. Paludan (2002) skriver att vardagligt tänkande är intuitivt medan det vetenskapliga inte är det.

Andersson (2001) menar att de systemskillnader som visas i tabell 2.1. påminner om skillnaden mellan det konkreta och det formella operationsstadiet i Piagets stadieteori. Ett betydelsefullt resultat utgående från denna teori är att eleverna i stor utsträckning har vardagstänkande medan de kurskrav som finns i kursplaner ofta kräver vetenskapligt tänkande.

Tabell 2.1. Systemskillnader mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande enligt Andersson (2001)

	Vardagstänkande	Vetenskapligt tänkande
1	Omedvetet	medvetet
2	situationsbundet	generellt
3	mindre krav på inre sammanhang och logik	logiskt invändningsfritt, systematiskt organiserat
4	formas omedvetet i olika situationer, kunskapsbit läggs till kunskapsbit	artikuleras medvetet och har tillväxtförmåga

Paludan (2000) skiljer på vardagstänkande (basistankegång) och vetenskapligt tänkande i 15 punkter (tabell 2.2). Punkterna 1 – 4 tar upp drag från vardagstänkandet som har med människocentrering att göra. Detta kontrasteras med vetenskapligt tänkande. Punkterna 5 – 10 handlar om att vardagstänkandet är bundet till det man faktiskt erfar. Logiken är situationsbunden och principerna överförs inte från ett system till ett annat. Skillnaderna mellan de båda sätten att tänka kan sägas ligga i konkret respektive abstrakt. De fem sista punkterna handlar hur vi uppfattar världen. Vardagstänkandet utgör en strukturering av det vi erfar. Vi ser aldrig världen som den verkligheten är varken i vardagen eller i vetenskapen. Alla våra observationer är beroende av vår tidigare erfarenhet. Man säger att observationer är teoriberoende. Detta gäller naturligtvis även vetenskapligt tänkande, men forskaren är medveten om detta och försöker vara så öppen och objektiv som möjligt.

Tabell 2.2. Skillnader mellan vardagstänkande och vetenskapligt tänkande i 15 punkter (Paludan, 2000)

Basistankegang	Naturvidenskabtankegang
1 Antropocentriskt	Decentreret
2 Antropomorfistiskt	Dehumaniseret, naturlovssøgende
3 Finalistisk	Mekanisk-kausalt
4 Ingen tilfældighed og sandsynlighed	Tilfældighed og sandsynlighed
5 Konkret	Abstrakt
6 Situationsbundet	Principiel
7 Lokallogisk	Modsigelsesfri
8 Induktiv	Deduktiv
9 Episodisk	Kvantitativ, statistisk
10 Fremtoningsbundet	Skeptisk
11 Simplificerende	Erkender kompleksitet
12 Helhedsbundet	Analyserende, reducerende
13 Fokusbundet	Variabelbevidst
14 Associerende	Taksonomisk
15 Modsætningsbundet	Nuancerende

Alternativa idéer

Vardagstänkande har möjliggjort att allas våra förfäder överlevt och reproducerat sig fram till våra dagar. Detta sätt att tänka är en anpassning till den miljö vi levit i och gör att människan i stort sett befolkar hela jordklotet. Wolpert (1992) påpekar att under evolutionen har selektionen gynnat de individer som bäst klarat av den omedelbara miljön i sin närhet. Ur detta perspektiv är vardagstänkandet ett mycket framgångsrikt sätt att tänka och bör bemötas med ödmjukhet och respekt (Paludan, 2000). Den miljö människan lever i idag har under senare tid förändrats oerhört snabbt jämfört med tidigare generationer. Evolutionärt är dock denna tidsrymd nästan försumbar.

Millar (1989) menar att val av termer på elevernas vardagsföreställningar kanske inte alltid är så insiktsfulla och menar att de kan ge en viss information om forskarens ideologi och epistemologi. Han menar att det är skillnad mellan att skriva 'misconceptions' och 'children's science'. Klaassen och Lijnse (1996) menar att då man använder termen missuppfattningar associerar det till att dessa bör bytas ut mot mer vetenskapliga idéer. Diskuterar man i termer av alternativa idéer anser författarna att det snarare innebär att addera en vetenskaplig idé att använda i lämpliga kontexter. Bereiter

(2002) tycker inte att man ska hymla utan är det missuppfattningar så är det. Lijnse (1995) anser att det finns stor risk för att forskaren vid analyser av olika resonemang eller skrivna svar missuppfattar vad eleven egentligen har för idéer, vilket förordar en mer försiktig terminologi. De vardagsföreställningar som är resultatet av vardagstänkande om naturvetenskapliga fenomen, som inte överensstämmer med vetenskapiga idéer kommer jag i fortsättningen att kalla för 'alternativa idéer'.

I en artikel skiljer Sanders (1993) på tre olika kategorier av alternativa idéer. Dessa beskrivs utifrån hur de uppkommit:

1. 'Naiva' föreställningar som är resultatet av vardagserfarenheter och det ovetenskapliga sättet att använda språket. Dessa skulle kunna kallas vardagsföreställningar.
2. Idéer som uppkommer genom att eleven missförstår undervisningen.
3. Idéer som eleven lär sig under undervisning och kan bero på felaktigheter i läroböcker eller att läraren undervisar felaktigt.

I naturvetenskaplig undervisning bör både de alternativa och de naturvetenskapliga idéerna göras explicita. Undervisningens huvuduppgift är inte att försöka ta bort de alternativa och ersätta dem med vetenskapliga idéer utan snarare att ge eleverna möjlighet att se de olika idéerna samtidigt och jämföra deras förklaringsvärde i olika situationer. Om delar av naturvetenskapen ska bli allmänbildning gäller det att gå varsamt fram med de alternativa idéerna och se långsiktigt på erövrandet av de naturvetenskapliga. Kategorierna 2 och 3 ovan har dock varken ett egenvärde i vardagslivet eller i skolan varför man bör försöka ersätta dem.

Forskning om alternativa idéer i naturvetenskap har genererat en stor mängd vetenskapliga artiklar. I dagsläget innehåller Duits (2004) bibliografiska databas mer än 6300 vetenskapliga artiklar om undervisning och lärande i naturvetenskapliga ämnen. En stor del av dessa handlar på något sätt om alternativa idéer.

Vetenskapliga idéer

Vetenskap är många ting och låter sig inte så lätt definieras. Det handlar om en verksamhet som på ett systematiskt sätt strävar efter att öka vår gemensamma kunskap och dess produkter är objekt Poppers Värld 3. Gustavsson (2000) skriver:

Vetenskaplig kunskap framställs genom forskning. Att forska är att undersöka olika sidor av verkligheten som tidigare inte är kända, och att framställa ny kunskap. Kunskapen växer genom att ny läggs till gammal, eller genom att perspektivet på kunskap förändras.

/.../

Ser vi närmare på den diskussion som förts om vetenskap, dess förutsättningar och konsekvenser, upptäcker vi snart att det finns många olika uppfattningar om vad som kännetecknar vetenskaplig kunskap. Dessa uppfattningar är knutna till olika ämnesområden. (sidan 35)

Enligt Wolpert (1992) har naturvetenskapen till skillnad från teknik och religion endast uppstått en gång i historien och det var i Grekland. Thales från Miletos, som levde ungefär 600 år före Kristus, var den förste som vi vet försökte förklara världen utan att använda myter. Möjligheten att tänka objektivt och kritiskt om naturen uppmärksammas och för första gången finns en övertygelse om att det finns lagar som kan beskriva och förklara fenomen i naturen. Naturen kan alltså förstås. Historien har sedan visat att det mesta av denna tidigare naturvetenskap var felaktig, men det nya var att idéerna var öppna för diskussion och debatt.

Wolpert (1992) skiljer alltså på naturvetenskap och teknik, och de respektive slutprodukterna är idéer och artefakter. Teknik är mycket äldre än naturvetenskap enligt författaren, som med teknik menar praktisk konst. Det är först på 1800-talet som naturvetenskap har någon större inverkan på tekniken och det är dessutom bara delar av den moderna tekniken som är baserad på naturvetenskap. Naturvetenskapen har å andra sidan alltid varit starkt beroende av tillgänglig teknik, både för idéer och för apparatur.

Dunbar (1995) menar att forskare till skillnad från filosofer sällan bekymrat sig om att definiera naturvetenskap. Men bägge parter är och har varit intresserade av samma centrala problem, nämligen hur säker vår kunskap om världen är. Författaren menar att om den moderna naturvetenskapen startade 1632 med Galileo så startade den naturvetenskapliga vetenskapsfilosofin med Bacon, som publicerade böcker mellan 1606 och fram till sin död 1626. Bacons bidrag är att han identifierade empiriska observationer och experiment som den enda vägen att adekvat testa hypoteser.

Dunbar menar att under 1700- och 1800-talen såg filosofer naturvetenskapligt arbetssätt som linjärt:

observationer → hypoteser → test

Inom naturvetenskapen ackumulerades observationer tills det fanns tillräcklig mängd för att göra generaliseringar (hypoteser) som testades mot nya observationer. Under 1900-talet förändras synen till ett cirkulärt resonemang mellan två olika världar.

I Poppers terminologi är dessa två världar Värld 1 och Värld 3, men tankearbetet utförs av människor i Värld 2. I idévärlden (Värld 3) finns teorier

som skapas genom att man först formulerar hypoteser (Värld 2) som utgör förutsägelser om händelser i naturen (Värld 1) som testas och nya hypoteser formuleras och så vidare. Detta är vad som kallas den hypotetisk-deduktiva modellen.

Kuhn (1992) beskriver naturvetenskap utifrån normalvetenskap och olika paradig. Med normalvetenskap menar han sådan forskning som bygger på de framgångar vetenskapen uppnått tidigare och som betraktas som grunden för ett visst paradigm. Forskning inom normalvetenskap är inriktad på att klargöra befintliga teorier. Han diskuterar vetenskapliga revolutioner som icke-kumulativa perioder i en vetenskaps utveckling då man övergår från ett paradigm till ett nytt, som helt eller delvis är oförenligt med det gamla. Paradigmförändringar får forskarna att se den värld som utgör deras forskningsområde på ett nytt sätt. Kuhn skrev boken 'The structure of scientific revolutions' 1962 och en utökad utgåva utkom 1970. Följande citat bör då ha gällt åtminstone 1970:

...det förblir en öppen fråga vilka delar av de sociala vetenskaperna som över huvud taget har fått några sådana paradigmer ännu. Historien visar att vägen till en allmänt accepterad uppfattning om forskning är utomordentligt mödosam. (sidan 26)

KAPITEL 3

IDÉER OM EVOLUTION

Evolutionsteorin är en naturvetenskaplig teori med vars hjälp vi kan beskriva, förstå och förklara livets utveckling på jorden. Den utgör själva grunden för att förstå vetenskapsområdet biologi. Teorin är dessutom avgörande för att i viss mån kunna förutsäga framtida biologisk utveckling. Vi kan i alla fall ställa upp rimliga hypoteser. Dessa kan vara mycket användbara för att i förväg studera möjliga resultat av biologiska åtgärder i levande populationer av växter och djur, av miljövårdsåtgärder eller av olika medicinska behandlingsmetoder m.m. Detta kapitel inleds med forskningsöversikt av alternativa idéer om livets evolution, inklusive trosfrågor. Därefter redovisas de vetenskapliga idéerna. Kapitlet avslutas med en jämförelse mellan idéerna, där elevernas möjliga utgångslägen definieras och vilken väg de har att gå för att uppnå kunnande motsvarande de vetenskapliga idéerna.

3.1 Evolution – alternativa idéer

Ferrari och Chi (1998) beskriver evolutionsteorin i fem punkter:

- *Random intraspecies variability* ('Variation')
- *Heritability* ('Arv')
- *Differential survival rate* ('Överlevnad')
- *Differential reproduction rate* ('Reproduktion')
- *Accumulation of changes over many generations* ('Ackumulation')

Författarna undersökte studenters (n=40) evolutionära kunnande innan undervisning genom att varje student fick besvara fem öppna uppgifter, en för varje punkt ovan. Studenterna lämnar tillsammans 211 svar och av dessa innehåller 63 % alternativa idéer.

Punkterna 'överlevnad' och 'reproduktion' utgör i evolutionssammanhang tillsammans begreppet 'naturligt urval'. Att dela upp urvalet i dessa två punkter har en poäng i undervisningssammanhang, vilket visas senare i avhandlingen. I fortsättningen kommer jag att kalla dessa punkter för komponenter och använder orden inom parentes som beteckningar för dessa.

Jag inleder med att redovisa alternativa idéer om evolutionsteorin i dess helhet. Därefter beskriver jag idéerna utifrån ovanstående fem komponenter.

I de undersökningar som exemplifierar olika alternativa idéer har man studerat elever från 11 års ålder upp till universitetsstudenter. De olika alternativa idéerna inom evolutionsområdet verkar vara vanligt förekommande både bland barn och vuxna. I redovisningen nedan kommer jag att kalla personerna i studierna för elever om de går i grundskola, gymnasium eller motsvarande och för studenter om de studerar vid universitet eller motsvarande.

Evolutionsteorin

Studier visar att elever har idéer om fenomenet evolution innan de haft någon formell undervisning (Deadman & Kelly, 1978; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985a). Dessa idéer är oftast vad jag kallar alternativa och oförenliga med de vetenskapliga. Bishop och Anderson (1990) finner i sin studie att de flesta studenterna har en förförståelse av evolutionen som en process där alla individer i en art anpassar sig till miljön genom gradvisa förändringar. Författarna påpekar att biologer däremot ser två separata processer. Först en där nya egenskaper uppkommer genom slumpmässiga förändringar av det genetiska materialet (mutationer och omkombinationer) och en andra där egenskaper ökar eller minskar i frekvens genom naturligt urval. Bizzo (1994) visar att endast en mindre andel av eleverna använder slump och urval i sina förklaringar av evolutionära fenomen även efter undervisning. Vidare finner han vid intervjuer att evolution ses som framsteg, förbättring och tillväxt, en historisk händelse som leder fram till människan. Det visar sig i flera undersökningar att elever och studenter i liten utsträckning förändrar sina idéer genom undervisning (t.ex. Halldén, 1988; Bishop & Anderson, 1990; Demastes, Settlage & Good, 1995).

Många forskare har publicerat artiklar om alternativa idéer vad gäller begreppet naturligt urval som det visar sig att elever och studenter har svårigheter att förstå (Bishop & Anderson, 1990; Settlage, 1994; Zuzovsky, 1994; Demastes, Good, & Peebles, 1996; Demastes, Settlage et al., 1995; Jensen & Finley, 1996). Brumby (1981) finner att studenternas erfarenheter av naturligt urval är blygsamma då universitetsstudierna startar. I en annan studie (Brumby, 1984) visar hon att de flesta av 150 medicinstuderande, majoriteten är 18 år, mycket ambitiösa och begåvade, har vardagsföreställningar om naturligt urval. Ferrari och Chi (1998) skriver att trots att naturligt urval är en ganska enkel process har elever svårt att förstå den och alternativa förklaringsmodeller är robusta mot undervisning. Författarna menar att en orsak är svårigheter att förstå underliggande begrepp som t.ex. population, frekvenser och anpassning samt förståelse av evolutionens dynamiska natur.

En mycket vanlig alternativ idé är att evolutionsprocessen är behovsstyrd (t.ex. Engel Clough & Wood-Robinson, 1985a; Bishop & Anderson, 1990; Settlage, 1994; Demastes, Good & Peebles, 1995). Greene (1990) menar att om man inte uppmärksammar den variation som individerna i en population uppvisar resulterar det ofta i behovsresonemang. En annan vanlig alternativ idé är att elever och studenter använder anpassning som drivkraften i evolutionsprocesser i stället för naturligt urval (t.ex. Brumby, 1984; Halldén, 1988; Bishop & Anderson, 1990; Settlage, 1994). Baalman och Kattman (2001) intervjuade tio elever och i de flesta intervjuer finner de följande:

'Adaptive recognition': Organisms realise – consciously or not – that they have to change under given conditions of living, in order to get adapted. (sidan 18)

Ytterligare andra alternativa idéer är att evolutionära förändringar sker på grund av att egenskapen används eller inte används (t.ex. Brumby, 1984; Bishop & Anderson, 1990; Settlage, 1994; Ferrari & Chi, 1998) eller genom arv av förvärvade egenskaper (referenser se nedan under rubriken arv).

Undersökningar visar alltså att elever och studenter har svårigheter att förklara evolutionär utveckling (t.ex. Jungwirth, 1975; Jensen & Finley, 1995; Thomas, 2000). Bland universitetsstudenter använder/väljer ungefär tre fjärdedelar alternativa idéer i sina svar (Jensen & Finley, 1995; Anderson, Fisher & Norman, 2002). Även om studenterna i dessa studier testas innan undervisningen startar har de dock kommit till college eller universitetsnivå och sannolikt har de undervisats i evolution tidigare.

Settlage (1994) påpekar att det finns vissa tecken på att evolutionsteori är för komplicerat för elever i grundskoleåldern, vilket också Engel Clough och Wood-Robinson (1985a) uppmärksammar. Settlage menar att man dock inte kan förvänta sig att alla elever direkt når vetenskaplig nivå utan han ser det som att eleverna utvecklar sitt kunnande då de möter evolutionsteorin flera gånger. Hans studie resulterar därför i att han anser att det är väl använd tid att undervisa om evolution redan i denna ålder. Jiménez-Aleixandre (1992) och min egen studie (Wallin, 1997) stöder detta påstående. Engel Clough och Wood-Robinson (1985a) föreslår till och med att man startar med evolutionsundervisning tidigare än vad som ofta är fallet och Deadman och Kelly (1978) argumenterar för undervisning om variation tidigt i biologiundervisningen.

Variation

Bishop och Anderson (1990) påpekar att studenterna inte är medvetna om betydelsen av den befintliga variationen i en population. Författarna menar

att studenterna inte uppfattar att variationens uppkomst är den första i en tvåstegsprocess och Smith, Siegel och McInerney (1995) menar att eleverna eller studenterna behöver hjälp med att inse detta. Det visar sig i intervjuer och test att elever och studenter anser att miljön är huvudorsaken till uppkomsten av variation (t.ex. Brumby, 1981; Bishop & Anderson, 1990; Bizzo, 1994). De menar att förändringar i naturen har en bestämd orsak och slumpmässighet utgör därför en svårighet vid förståelse av evolutionsteori (Brumby, 1981; Greene, 1990; Smith et al., 1995). Innan undervisning har eleverna inte orsakerna till variationens uppkomst klara för sig och de talar sällan om slump (Deadman & Kelly, 1978). På två flervalsuppgifter om variationens uppkomst valde 66 respektive 85 % av studenterna (n=206) i en studie innan undervisning alternativ som handlade om uppkomst genom behov, vilja, miljöinducering eller successiv förändring av egenskapen i fråga (Anderson et al., 2002). Jensen och Finley (1995) finner dock att deras studenter lär sig variationens uppkomst genom mutationer utan några större svårigheter vid undervisning. Albaladejo och Lucas (1988) undersökte elevers förståelse av begreppet mutation. De finner att mutation är starkt associerat med förändring och att vissa elever ser mutationer som mer allmänna biologiska förändringar t.ex. som metamorfos eller pubertet. Författarna menar att det är viktigt att klargöra skillnaden mellan mutation och andra biologiska förändringar.

Elever och studenter anser att samtliga individer inom arter och populationer är lika. De har en typologisk syn (Halldén, 1988; Greene, 1990; Pedersen & Halldén, 1994; Rudolph & Stewart, 1998). Greene (1990) analyserade testsvar från 322 universitetsstudenter i elva klasser under åtta år. Han finner att de flesta har en typologisk syn på individerna i en population, enligt hans kategorisystem 97 %. Men då kategoriseras svar med variation i en enda egenskap hit. Att endast diskutera variation utifrån en enda egenskap kallar han funktionell förståelse och det har 43 % av studenterna. Om man accepterar funktionell förståelse innebär det att knappt hälften av studenterna använde befintlig variation i sina provsvar efter undervisning. De drygt hälften av studenterna i studien som inte ens hade en funktionell förståelse av befintlig variation kunde inte förklara naturligt urval.

Jensen och Finley (1995) och Smith et al. (1995) finner att inomartsvariation är svårt för studenterna, och så även efter undervisning. Författarna påpekar därför att det är viktigt att fokusera på inomartsvariation vid undervisning. Även Keown (1988) påpekar det väsentliga i att erfara inomartsvariation. Deadman och Kelly (1978) intervjuade elever om evolution och genetik innan formell undervisning inom ämnesområdena. Eleverna nämner sällan variation och då de gör detta är det mellan arter, aldrig inom. Detta innebär att elever och studenter har mellanartsvariation klar för sig

medan inomartsvariation är mer okänd, om de överhuvudtaget funderat över den. När Zetterqvist (2003) intervjuade 26 lärare i grundskolans senare del är det två som spontant tar upp befintlig inomartsvariation då de berättar om sin evolutionsundervisning. På en direkt fråga säger majoriteten att de tar upp inomartsvariation, av dessa är det sex lärare som kopplar variationen till naturligt urval.

Arv

Bizzo (1994) finner vid intervjuer att eleverna ser få kopplingar mellan genetik och evolution. Halldén (1988) undersökte gymnasieelever (ej naturvetarprogrammet) innan och efter undervisning. De skrev berättelser om utvecklingen av arter. Studien hade som en utgångspunkt frågan om svårigheter att förstå evolutionsteorin kan bero på otillräcklig förståelse av genetik. Svårigheten tycks dock finnas oberoende av om eleverna studerat genetik eller ej.

Thomas (2000) skriver att dagens tillgängliga forskning tyder på att elever i allmänhet har ett sämre kunnande om genetik och arv än vad som skulle kunna karaktäriseras av 'genetic literacy' (genetisk allmänbildning). En vanlig alternativ idé är arv av förvärvade karaktärer (t.ex. Kargbo, Hobbs & Erickson, 1980; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985b; Bishop & Anderson, 1990; Wood-Robinson, 1994; Ramorogo & Wood-Robinson, 1995; Thomas, 2000).

Överlevnad

I studien av Ferrari och Chi (1998) är 'överlevnad' den av de fem olika komponenterna som studenterna lyckas bäst med i de öppna uppgifterna. Den alternativa idé som författarna redovisar är att utveckling sker av egenskaper så att överlevnaden säkerställs, alltså en form av inducerad utveckling efter t.ex. behov, vilja eller strävan. Ett populärt uttryck inom evolution är 'survival of the fittest' och även många svenska elever och studenter använder detta. Ofta översätts det till svenska förenklat som 'den starkes överlevnad' och då missar man poängen med 'fittest', som betyder relativ reproduktiv framgång. Anderson et al. (2002) testade också studenters uppfattning om begreppet 'fitness' i två flervalsuppgifter med olika kontext. Av dessa valde 44 respektive 61 % alternativ som beskriver stor kroppsstorlek, styrka, stort antal parningar, lång livstid eller framgång i konkurrens om föda. Keown (1988) poängterar vikten av att diskutera biologisk potential dvs. organismers förmåga att producera mer avkomma än vad som har möjlighet att överleva.

Reproduktion

Även om Ferrari och Chi (1998) delar upp naturligt urval i två komponenter är det i få artiklar som innehåller explicita diskussioner om reproduktionsskillnader. Författarna visar att många studenter inte resonerar om reproduktionsskillnader utan förklarar förändringar med att en ny typ av individ föds som bildar en ny art (transmutational evolution: hopeful monsters). Bishop och Anderson (1990) nämner kort att studenterna inte diskuterar skillnader i reproduktiv framgång. Författarna tar upp fitness och svårigheter med förståelsen av begreppet och diskuterar det som ett terminologiproblem. I en studie av Sinclair, Pendarvis och Baldwin (1997) deltog 218 studenter och gjorde för- och eftertest. Två tredjedelar av studenterna valde andra än det mest vetenskapliga flervalsoalternativet om förståelsen av 'survival of the fittest' på eftertestet. De valde alternativ som handlade om behov, hälsa och styrka. Jensen och Finley (1995) finner dock vid sin begreppsanalys att studenterna lär sig fitness utan större svårigheter.

Ackumulation eller anpassning

Många elever och studenter anser att anpassning är drivkraften i evolutionsprocessen. De ser evolutionär utveckling som en process där egenskaperna utvecklas gradvis hos alla individer i en population eller art (Deadman & Kelly, 1978; Brumby, 1984; Halldén, 1988; Bishop & Anderson, 1990). Jensen och Finley (1995) påpekar att i evolutionsundervisning är det lämpligt att fokusera på anpassning som en frekvensförändring. Elever och studenter ser alltså anpassning som en individuell förändringsprocess och detta är vanligt också efter undervisning (t.ex. Halldén, 1988; Bizzo, 1994; Sinclair et al., 1997). I sin intervjuundersökning finner Bizzo (1994) att 9 % av eleverna använde en populationsförklaring till evolutionär anpassning.

Anpassning är ett besvärligt begrepp att lära sig vid undervisning i evolutionsteori i många olika språkområden (Jungwirth, 1975; Brumby, 1981; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985a; Halldén, 1988; Bizzo, 1994; Jensen & Finley, 1995; Baalman, Frerichs & Illner, 1998; Thomas, 2000). En orsak kan vara att denna term används för både vardagliga och vetenskapliga begrepp (Brumby, 1981). Även inom vetenskapen biologi används termen med olika innebörder.

3.2 Evolution – ytterligare svårigheter

Förutom alternativa idéer av olika evolutionära begrepp som har redovisats ovan visar forskning ytterligare svårigheter i samband med förståelse av

evolution. Här redogör jag för evolutionär tid, organisationsnivåer och olika förklaringsmodeller.

Evolutionär tid

Svårigheter att förstå konsekvenser av evolutionsprocessen som t.ex. artbildning och biologisk mångfald, beror bland annat på den ofantligt, nästan ofattbart, långa tidsrymd under vilken den pågått (Brumby, 1981; Tamir & Zohar, 1991; Ferrari & Chi, 1998). Det handlar alltså om en geologisk tidskala (Smith et al., 1995). Dodick och Orion (2003) påpekar i sin artikel att få undersökningar i forskningsområdet undervisning och lärande behandlar geologisk tid ('deep time' som betyder förståelse av att universum funnits i oräkneligt tusentals år). De påpekar vikten av denna förståelse för bl.a. lärande av livets evolution.

Keown (1988) menar att tidsaspekten inte tas upp ordentligt och exempel som uppkomsten av t.ex. DDT resistens och färgförändring hos björkmätare visar på evolution i ett mycket kort tidsperspektiv.

Organisationsnivåer

Livets evolution förklaras på flera olika organisationsnivåer; på DNA/gen/kromosom-, individ-, populations-, art- och ekosystemnivå. Resonemang om variation sker på flera olika nivåer: genetisk-, miljöinducerad eller inomartsvariation och mutationer på DNA/gen/kromosom- eller individnivå, mellanartsvariation på populations- eller artnivå och mångfald på ekosystemnivå. (Jag har valt att inte ha med mångfaldsbegreppet i denna studie.) Naturligt urval samt överlevnad och reproduktion resonerar biologer om på gen eller individnivå. Resultatet av det naturliga urvalet, ackumulation eller anpassning, diskuteras dock på populationsnivå. Evolutionära resonemang om arv förs oftast på individnivå och då mellan individer över en eller flera generationer, men även på gen- och populationsnivå.

Inom biologivetenskapen har det länge diskuterats vilka som är de lämpligaste organisationsnivåerna att använda inom evolutionsteorin, speciellt då det gäller naturligt urval. Inte förrän så sent som under 1960 talet övergavs artnivån ('bästa för arten').

Vikten av att explicit klargöra för elever och studenter på vilken organisationsnivå undervisningsinnehållet är visar Knippels, Waarlo och Boersma (2001) och Knippels (2002) inom genetik (the yo-yo learning and teaching strategy). En omedveten växling mellan organisationsnivåer i undervisningen blir förvirrande för den som lär. Ferrari och Chi (1998) skriver att en bidragande orsak till svårigheter att förstå naturligt urval kan vara just

oklarheter med olika organisationsnivåer t.ex. gen, individ, population och art. Halldén (1988) finner i sin studie då eleverna skriver berättelser om artbildning att de resonerar på två olika nivåer, art- och individnivå och inte klart skiljer mellan dessa.

Olika förklaringsmodeller

När man inom biologin vill förklara något fenomen eller någon struktur använder man sig dels av proximata eller funktionella och dels av ultimata eller evolutionära orsaksförklaringar. Proximata förklaringar relaterar till funktionen hos den enskilda organismen eller delar av denna och även till dess utveckling från zygotstadiet. Ultimata förklaringar är evolutionära till sin karaktär (Mayr, 1997).

Mayr skriver:

Very few people realize that it was Darwin who was responsible for making 'Why?' questions scientifically legitimate. And by asking these questions he brought all of natural history into science. Physicalists like Herschel and Rutherford had excluded natural history from science because it did not conform to the methodological principles of physics. The nature of inanimate objects, not having a historically acquired genetic program, cannot be elucidated by 'Why?' questions. What Darwin did was to add a most important new methodology to the equipment of science.

The terminology of proximate and ultimate causations has a long history, perhaps going back to the days of natural theology, when 'ultimate' referred to the hand of God ... (sidan 116)

Bishop och Anderson (1990) visar att deras studenter hade svårt att skilja mellan dessa typer av förklaringar.

När Engel Clough och Wood-Robinson (1985a) intervjuade elever om anpassning var det vanligt att eleverna använde antropomorfistiska och teleologiska evolutionsförklaringar. Antropomorfistiska förklaringar innebär att man ger mänskliga attribut till andra organismer eller döda ting. Evolutionär anpassning orsakas av t.ex. önskan, intention, vilja eller strävan. Teleologiska förklaringar kallas på svenska ofta för ändamålsförklaringar, det vill säga det finns ett syfte eller ändamål med den evolutionära anpassningen. Gränsen mellan antropomorfistiska och teleologiska förklaringar är något flytande, vilket bland annat kan illustreras genom att Tamir och Zohar (1991) skriver att teleologiska förklaringar kan ses som ett specialfall av antropomorfistiska. Anledningen menar de är att teleologiska förklaringar får oss att känna att vi verkligen förstår fenomenet i fråga på grund av att förklaringen ges i termer av ändamål och intentioner som passar ihop med vårt sätt att se våra egna beteenden. Zohar och Ginossar (1998) skriver:

Anthropomorphic and teleological explanations are often linked to each other. Assuming that purposeful behavior is usually attributed to human beings, teleological explanations often imply anthropomorphism, because, by describing a phenomenon as goal-oriented, one assumes it has been carried out by a conscious, and therefore humanlike being. Anthropomorphic explanations are not necessarily teleological. However, they often involve goal-oriented and therefore teleological behavior. (sidorna 679-680)

De analogier och metaforer som används vid evolutionsundervisning är ofta antropomorfistiska eller teleologiska. Jungwirth (1975) studerade elever och deras förståelse av anpassning och evolution. Han påpekar faran med att popularisera i biologi eftersom många uttryck som används metaforiskt kan ge upphov till alternativa idéer. Tamir och Zohar (1991) ställer i sin artikel frågan om lärare ska undvika dessa analogier och metaforer. De menar att svaret inte är enkelt. Författarna finner bland annat att de flesta elever i början av gymnasiestudierna kan skilja mellan antropomorfistiska formuleringar och antropomorfistiska förklaringar. Dessutom försvarar många elever antropomorfistiska formuleringar eftersom de anser att det underlättar förståelsen av begrepp och processer. Zohar och Ginossar (1998) avslutar sin artikel med att säga att de inte anser att man ska utesluta antropomorfistiska och teleologiska formuleringar i undervisningen utan tvärtom rekommenderar de lärare att använda sådana, men att man gör det explicit och diskuterar formuleringarna och vad de betyder och inte betyder. De motiverar detta med bland annat att oavsett lärarens åsikt kommer elever att möta denna typ av förklaringar och att accepterande av dessa formuleringar inte behöver betyda att eleverna resonerar antropomorfistiskt eller teleologiskt.

Den vanliga alternativa förklaringen att evolutionära förändringar sker genom inducerad miljöanpassning skulle jag kalla teleologiska. Den kan bero på att studenterna ser anpassning som process istället för resultat efter naturligt urval (Brumby, 1981). När det gäller idéer om utveckling på grund av användning respektive inte användning av egenskaper kan de vara antingen antropomorfistiska eller teleologiska beroende på uttryckssättet. Detsamma skulle jag säga om förklaringar som använder arv av förvärvade karaktärer. Den kanske vanligaste alternativa idén, att evolutionsprocessen är behovsdriven, anser jag vara teleologisk, vilket stöds av bland andra Ferrari och Chi (1998). För att en förklaring ska vara antropomorfistisk ska den mer explicit uttrycka en vilja, önskan eller strävan. Bizzo (1994) finner då han intervjuade 11 elever att de förklarade människors och djurs evolution genom ett medvetet behov av utveckling. I det här fallet blir behovsresonemanget antropomorfistiskt. Greene (1990) finner att studenterna anser att förändringar i naturen inte sker slumpmässigt, utan riktat och det leder bland annat till teleologiska evolutionsförklaringar. När Pedersen (1992) i sin avhandling analyserade elevernas förklaringar från skrivna berättelser

och intervjuer finner han att de flesta har teleologiska evolutionsförklaringar i både årskurs 7 och 9.

Chi (1997) och Ferrari och Chi (1998) visar på skillnader i att se evolutionsprocessen som en händelse jämfört med en jämvikt¹. Författarna anser att evolution och då speciellt det naturliga urvalet är en jämviktsprocess. Svårigheterna som eleverna har är inte nödvändigtvis att de inte förstår de evolutionära principerna som sådana utan att de ser evolution och det naturliga urvalet som en händelseprocess. I tabell 1.4 presenteras de sex olika karaktärerna som skiljer händelse- och jämviktsprocesser åt (Ferrari & Chi, 1998).

Tabell 1.4. Jämförelse mellan händelse- (event) och jämviktsprocesser (equilibration)

Event process	Equilibration process
Distinct actions	Uniform actions
Bounded (begins and ends)	Unbounded (ongoing)
Sequential	Simultaneous
Contingent and causal	Independent and random
Goal-directed	Net effect
Terminates	Continues

Författarna sökte efter nyckelfraser och identifierade 545 kategoriseringsbara yttranden från de 198 elevsvaren. Av dessa kategoriseras 63 % som händelseprocesser och 8 % som jämviktsprocesser. Korrelationen är positiv mellan jämviktsprocesser och svar med vetenskapliga idéer och dessutom negativ mellan händelseprocesser och svar med vetenskapliga idéer samt positiv mellan händelseprocesser och svar med alternativa idéer. Av de fem komponenterna 'variation', 'arv', 'överlevnad', 'reproduktion' och 'ackumulation' visar det sig att eleverna har större svårigheter med 'variation' och 'ackumulation' som båda utgör jämviktsprocesser.

3.3 Evolution och trosfrågor

Inställningen till undervisning i evolutionsteori varierar i olika länder. I de europeiska länderna verkar det vara mindre kontroversiellt än i t.ex. USA. Tidskriften 'The American Biology Teacher' publicerade en serie 'Creationism in the United States' med åtta artiklar av Randy Moore professor i biologi vid universitetet i Louisville (Moore, 1998a; b; c; 1999a; b; c; d; e). I dessa artiklar diskuterar hon striden mellan kreationister och biologer i ett skolperspektiv. Den första artikeln har titeln: 'Banning Evolution from the Classroom' och inleds med följande citat:

¹ Jämvikt ses här som en dynamisk process där det naturliga urvalet ständigt svarar på miljöförändringar.

Keep your Bible in the world of theology where it belongs and do not try ... put [it] into a course of science. – Dudley Field Malone, shouting at prosecutors during the Scopes trial; July, 1925

Asimov (1981) redovisar olika argument som kreationister använder sig av för att kritisera evolutionsteorin, exempelvis 'det är bara en teori'. Detta besvarar Asimov genom att förklara vad naturvetenskapliga teorier är:

All are theories; all are firmly founded; all are accepted as valid descriptions of this or that aspect of the universe. They are neither guesses nor speculations. And no theory is better founded, more closely examined, more critically argued and more thoroughly accepted, than the theory of evolution. If it is 'only' a theory, that is all it has to be. (sidan 94)

Asimov frågar sig i artikeln om USA ska vandra bakåt i historien under ortodoxins fana?

With creationism in the saddle, American science will wither. We will raise a generation of ignoramuses ill-equipped to run the industry of tomorrow, much less to generate the new advances of the days after tomorrow.

We will inevitably recede into the backwater of civilization and those nations that retain open scientific thought will take over the leadership of the world and the cutting edge of human advancement.

I don't suppose that the creationists really plan the decline of the United States, but their loudly expressed patriotism is as simple-minded as their 'science'. If they succeed, they will, in their folly, achieve the opposite of what they say they wish. (sidan 100)

Cobern (1994) menar att en konstruktivistisk syn på lärande innebär att trosfrågor måste tas på allvar. Han påpekar att det inte finns något annat område inom naturvetenskap där vetenskapliga och andra idéer överlappar så tydligt som vid undervisning i evolutionsteori. Han diskuterar vilket mål undervisningen ska ha:

Are we expecting instruction to improve understanding or to change belief?

Han menar att förståelse är det primära målet för undervisning, men att trosfrågor påverkar förståelsen och därför bör tas upp seriöst. Han varnar för en syn på naturvetenskap som han kallar 'scientism', där denna kunskap ses som helt objektiv och motsägelsefri. Smith et al. (1995) menar att man inte ska se evolution i motsats till religion. Det är inte undervisningens mål att få elever att överge sin religiösa tro. Det är heller inte ett mål att eleverna ska tro på evolutionsteorin baserat på auktoritet.

Smith (1994) skriver att om vi ska bli framgångsrika på att undervisa om evolutionsteori måste vi ta hänsyn till våra elevers världsåskådning vid sidan om deras individuella förståelse och alternativa idéer. Detta poängteras även av andra författare (t.ex. Sinclair et al., 1997). Smith ifrågasätter dock Coberns råd att undervisningen ska ta upp trosfrågor till diskussion vid evolutionsundervisning och frågar sig på vilket sätt det i så fall ska göras.

Han varnar för användandet av tro i samband med naturvetenskap och förespråkar användning av acceptera istället. Även om skillnaden kan tyckas subtil är den avgörande för naturvetenskapens natur. Smith ger följande rekommendationer för evolutionsundervisning:

It is important (a) to know our students – their cultures, personal histories, cognitive abilities, religious beliefs, scientific misconceptions, and so forth; (b) to take this opportunity to teach about the nature of science and its distinctions from non-science; (c) to address directly the likely cultural/religious concerns with evolution and to do so early on so as to break down the barriers that keep many students from hearing what you say; and (d) to present evolution appropriately as conflicting with none but the most fundamentalist religious tenets that demand a literal translation of the Bible. (sidan 591)

Lawson och Worsnop (1992) påpekar att starkt religiösa elever inte förändrar sin skapelsetro efter några lektioner i evolutionsteori. Författarna menar dessutom att man inte ska försöka omvända eleverna åtminstone inte direkt. Författarna avslutar på följande sätt:

Thus, the primary aims of the lesson should not be to convince students of one belief or another, but, instead, to help students (a) gain a better understanding of how scientists compare alternative hypotheses, their predicated consequences, and the evidence to arrive at belief and (b) acquire skill in the use of this important reasoning pattern – a pattern that appears to be necessary for independent learning and critical thought. (sidan 165)

Bishop och Anderson (1990) finner också att studenternas acceptans av evolutionsteorin inte förändras av evolutionsundervisning. Samma slutsats drar Lawson och Weser (1990) i sin studie.

Grose och Simpson (1982) undersökte 120 universitetsstuderandes attityder till evolutionsteorin. Drygt hälften av studenterna trodde åtminstone delvis på teorin som författarna uttrycker det. Författarna finner vidare att kyrkan men inte naturvetenskaplig undervisning påverkar studenternas attityder till evolution. Smith et al. (1995) menar som sagts ovan att det är felaktigt att prata om tro i samband med vetenskap och att detta görs i flera artiklar bland andra Grose och Simpsons ovan. Naturvetenskap är religiöst neutral, det vill säga den påstår inte att det finns eller inte finns någon övernaturlig makt. Ett påpekande som Smith et al. gör är:

*Although science educators are fond of referring to science as a way of knowing, too often we fail to recognize the logical implication that science is not the **only** way of knowing. Science can say nothing about beauty, meaning, morals, ethics, values, and a host of important matters that lie outside its purview. (sidan 35)*

Sinclair et al. (1997) undersökte 218 studenters uppfattningar om evolutionsteori och religiös tro genom för- och eftertest. Mellan testen fick studenterna undervisning i evolutionsteori. Andelen studenter som anser att det finns motsättningar mellan evolutionsteori och tro sjunker från knappt 50 % till knappt 30 %. De områden som vållar störst bekymmer är livets

uppkomst och humanevolution. På frågan om det är möjligt att acceptera evolutionsteorin och samtidigt ha en religiös tro svarar tre fjärdedelar av studenterna jakande både på för- och eftertest. Drygt tre fjärdedelar av studenterna anser att undervisningen förändrat deras syn på evolutionsteorin. En representativ motivering är att han/hon insett att man kan acceptera evolutionsteori och samtidigt ha en religiös tro. Författarna finner att bland de studenter som inte förändrat sin syn efter undervisningen finns indikationer på att deras tro förhindrar dem att acceptera evolutionsteorin. Dagher och BouJaoude (1997) finner exempel på att god förståelse av evolutionsteorin inte behöver innebära acceptans av denna. Motsatsen exemplifieras också. Meadows, Doster och Jackson (2000) menar att elever kan lära sig evolutionsteori även om de har en religiös tro. Demastes, Good et al. (1995) finner flera elever som kombinerar tro och vetenskap. Exempel på sätt att kombinera är att djur och människor skapades av Gud som sedan evolverade, att se evolutionen startad av skaparen och att separera kunskapsområdena så att ingen konflikt uppstår. Författarna konkluderar att det är möjligt att ha en vetenskaplig förståelse av evolutionsteorin och samtidigt ha en tro.

Dagher och BouJaoude (1997) finner vid jämförelse att majoriteten av de kristna studenterna accepterar evolutionsteorin jämfört med ungefär en tredjedel av de muslimska. Knappt hälften av de muslimska studenterna argumenterar emot evolutionsteorin, men så gör ingen av de kristna. Författarna ser som en möjlig förklaring till dessa skillnader att de kristna studenterna tolkar sina religiösa texter mer litterärt medan muslimgruppen tolkar dem bokstavligt. Baalman et al. (1998) finner att de muslimska elevernas resonemang är mer influerat av religiös tro än de kristna elevernas. De kristna eleverna har en tendens att lösa motsägelserna mellan vetenskap och religion, vilket inte de muslimska eleverna har i samma utsträckning. Ingen av de kristna intervjuade eleverna tror på bibelns skapelseberättelse. Downie och Barron (2000) undersökte i vilken utsträckning biologi- och medicinstudenter accepterade evolutionsteorin. Bland studenterna som accepterar evolutionsteorin har drygt hälften en religiös tro. Motsvarande andel för de som inte accepterar evolutionsteorin är 86 %. Författarna tror att biologer skulle bli förvånade över att mellan 4 – 11 % av de biologistuderande inte accepterar evolutionsteorin (det varierade över åren). En sak som oroar författarna är synen på vetenskaplighet som de som inte accepterar evolutionsteorin visar:

...most evolution rejectors did so on the basis of religious belief: this is hardly compatible with the open-mindedness expected of a prospective scientist. (sidan 144)

I många artiklar rekommenderas att naturvetenskapens karaktär ska vara ett innehåll i evolutionsundervisning bland annat för att skilja mellan tro och

vetande (t.ex. Lawson & Worsnop, 1992; Smith, 1994; Smith et al., 1995; Dagher & BouJaoude, 1997; Alles, 2001). Downie och Barron (2000) finner att de studenter som inte accepterar evolutionsteorin är något osäkrare när de resonerar om vetenskapliga teorier än de som accepterar. Detta visar sig speciellt vid diskussion om plattetektonikteorin där många var osäkra. När det gäller evolutionsteorin är de däremot säkra på att bevisningen är svag.

Brem, Ranney och Schindel (2003) undersökte hur 135 universitetsstudenter mellan 18 och 38 år, med olika etniska och religiösa bakgrunder, uppfattade evolutionens betydelse för individer och samhälle. De identifierar ett kontinuum från starka kreationister till starka evolutionister. De finner inga signifikanta skillnader i evolutionärt kunnande mellan grupperna. Evolutionister anser dock i större utsträckning än kreationister att evolutionen inte har någon större inverkan på individer och samhälle. Inom alla grupper finns åsikten att konsekvenserna av ett accepterande av evolutionsteorin skulle kunna resultera i icke önskvärda effekter: ökad självupptagenhet och rasism, minskad andlighet och minskad känsla av mening och självbestämmande. Författarna hade inte väntat sig att även evolutionister skulle ha dessa åsikter. De studenter som hade bäst kunnande inom evolutionsteori i denna studie var mer negativa än de andra. Detta visar på ett undervisningsproblem. Författarna avslutar med:

Communication of, reflection upon and respect for multiple perspectives has been long thought of as our best hope for truly effective and equitable education. Understanding the influence of science on individuals and society seems our best chance for using science in their service. (sidan 200)

Jag håller med författarna ovan att elevers olika uppfattningar bör mötas med respekt och att vi ska koncentrera oss på förståelse av evolutionsteorin vid undervisning. Att förändra elevers trosuppfattning är inget mål för undervisningen.

3.4 Evolution – vetenskapliga idéer

Evolutionsteorin, den naturvetenskapliga teori som står i fokus i denna avhandlings undervisningssekvens, innebar ett paradigmskifte inom vetenskapen då Darwin (1859) publicerade sitt banbrytande verk:

On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life

Lamarck som levde på 1700-talet var pionjär inom evolutionsbiologi och Bateson (1972) porträtterar honom:

Lamarck, probably the greatest biologist in history, turned that ladder of explanation upside down. He was the man who said it starts with the infusoria and that there were changes leading up to man. His turning the taxonomy upside down is

one of the most astonishing feats that has ever occurred. It was the equivalent in biology of the Copernican revolution in astronomy. (sidan 427)

Han förknippas idag oftast med Lamarckism, en alternativ idé om evolution, nämligen 'utveckling genom arv av förvärvade karaktärer'. Zook (1995) diskuterar den syn på vetenskaplig kunskapstillväxt som visar sig då Lamarcks namn används på detta sätt. Samtidigt står Darwins namn för det rätta trots att han delade några av Lamarcks alternativa idéer. Jag anser att vi varken ska använda termen 'Lamarckism' eller termen 'Darwinism' eller liknande. Som så många gånger i vetenskapshistorien är vetenskapssamhället moget för en viss teori. Man har under en längre tid ackumulerat kunskap och det är mer eller mindre en slump vilken forskare som råkar få till den sista pusselbiten och därmed ibland få hela äran. Darwin var ju inte ensam utan flera andra forskare var inne på liknande tankegångar.

Evolutionsteorin kan förklaras enkelt utan att man behöver använda krångliga termer och begrepp eller matematiska uträkningar. Kortfattat skulle man kunna uttrycka teorin som att den är en konsekvens av att det finns en ärftlig variation mellan individerna i levande populationer och att denna variation utsätts för urval genom att vissa individer har fördelaktiga egenskaper i en given miljö.

Det är alltså tre olika begrepp som har en nyckelroll för att förklara och förstå evolutionsteorin, nämligen 'variation', 'ärftlighet' och 'urval'. Inom så gott som samtliga levande populationer finns bland dess olika individer en variation i många olika egenskaper. Vissa egenskaper uppvisar stor variation, andra liten och ytterligare andra ingen variation alls. Den ursprungliga uppkomsten av den genetiska variationen är slumpmässiga förändringar, mutationer, i organismernas arvs massa (oftast DNA). Mutationsfrekvenser kan påverkas miljömässigt och allt genetiskt material har inte lika stor mutationssannolikhet. Men vi betraktar mutationer som slumpmässiga utifrån de egenskaper vi studerar i olika evolutionssammanhang. En ytterligare källa till genetisk variation är omkombinationer i samband med sexuell förökning. Vid diskussioner av variation i evolutionssammanhang är det den i varje population befintliga variationen som är i fokus.

Förutom genetisk variation diskuterar man miljöinfluerad variation, samt samvariation (covariance) dem emellan (Falconer, 1981). I samband med evolutionsteorin är det den genetiska variationen som framförallt diskuteras eftersom det är den som kan föras vidare mellan generationerna i ett evolutionärt perspektiv. I själva verket kan man inte skilja genetisk och miljöbetingad variation åt eftersom det fordras både gener och miljö för att överhuvudtaget något ska utvecklas. Men att den genetiska variationen är en av

grundpelarna för evolutionen råder det inom naturvetenskapen inget tvivel om.

Det andra viktiga begreppet är ärftlighet, dvs. avkomman liknar sina föräldrar. Avkomman är alltså mer lik sina föräldrar än en slumpmässigt tagen individ inom populationen. Även ärftlighet har sitt huvudsakliga ursprung i genetiskt arv.

Det tredje begreppet är urval eller naturligt urval som utgör själva drivkraften i evolutionen och som inte är en slumpmässig process. Vissa individer i en population har egenskaper som ger dem fördelar i den aktuella miljön. Om fördelarna ska ha evolutionära konsekvenser måste dessa individer ge förhållandevis fler avkommor till nästa generation, ha relativ reproduktiv framgång.

Med hjälp av dessa tre begrepp skulle man ganska enkelt kunna beskriva teorin: Om man i en population har en befintlig variation i en viss egenskap, som är ärftlig, och de individer som har denna egenskap gynnas av miljön kommer det naturliga urvalet att göra att dessa får fler avkommor och kommer därmed att utgöra en större andel av nästa generation. Man kan också tänka sig individer som har en egenskap som missgynnas av miljön. Det naturliga urvalet resulterar då i att andelen individer med denna egenskap kommer att vara mindre nästa generation.

Finns de tre förutsättningarna, befintlig variation, ärftlighet och urval, blir konsekvensen biologisk evolution, men skulle någon av dessa saknas blir det alltså ingen.

Evolution kan också ske slumpmässigt utan naturligt urval genom s.k. neutral evolution och genetisk drift. I denna avhandling har jag valt att enbart behandla 'evolution genom naturligt urval'.

3.5 Konsistens i användning av idéer

Flera undersökningar visar att elever och studenter inte är konsistenta i användningen av olika idéer inom naturvetenskap (Mortimer, 1995; Redfors & Ryder, 2001) och så även inom evolutionsbiologi (Engel Clough & Driver, 1986; Demastes, Good et al., 1995). Brumby (1984) prövar i intervjuer om studenterna använder idéerna konsistent genom att fråga om de ser några likheter mellan uppgifterna i ett skriftligt evolutionstest studenterna gjort. Av hennes medicinstuderande kan två tredjedelar av de 32 intervjuade inte förklara att uppgifterna behandlar evolution eller naturligt urval. Halldén (1988) undersökte gymnasieelever genom att låta dem skriva om

artbildning. Han finner att de flesta eleverna inte använder de evolutionära idéerna konsistent genom hela berättelsen. Engel Clough och Wood-Robinson (1985a) intervjuade elever om anpassning och de finner att upp-giftens kontext utmanar olika alternativa idéer.

3.6 Från alternativa till vetenskapliga idéer

Det visar sig att elever och studenter ofta kommer till undervisning med alternativa idéer om livets evolution. Detta är vanligt också då de tidigare har haft undervisning i området. Som framgår av föregående litteratur-genomgång är uppfattningen att evolutionen är en förändringsprocess som påverkar samtliga individer i en population eller art vanlig. Elever och stu-denter anser att egenskaper förändras gradvis genom en anpassning till mil-jön. De anser att drivkraften i evolutionsprocessen är anpassning och denna styrs av t.ex. behov, strävan eller vilja. Detta utgör startpunkten vid evolu-tionsundervisning och från detta ska eleverna erövra en mer vetenskaplig idé om livets evolution. I jämförelsen mellan elevernas utgångsläge och de vetenskapliga idéerna finns underlaget för vad undervisningen har för upp-gift. Detta utgör fokus för mitt intresse i avhandlingen. Vad krävs alltså för att en elev från sitt utgångsläge ska nå undervisningens mål? Det utgör den utmaning som eleverna och läraren står inför vad gäller lärande respektive undervisning. Detta kallar Leach och Scott (2002) för 'learning demand':

The concept of 'learning demand' offers a way of appraising the differences be-tween the social language of school science and the everyday social language which learners brings to the classroom. The purpose of identifying learning de-mand is to bring into shaper focus the intellectual challenges facing learners as they address a particular aspect of school science; teaching can be designed to focus on those learning demands.

Viktiga punkter att ta hänsyn till vid undervisning i evolution kommer att beskrivas i resultatdelen som en vidareutvecklad 'ämnesdidaktisk hypotes för undervisning i biologisk evolution'.

Evolutionsteorin visar sig vara svår att förstå och svår att acceptera konse-kvenserna av. Så har det varit allt sedan den började formuleras. Dels måste man tänka vetenskapligt och dels ingriper teorin i vårt sätt att se på livet, vår livsåskådning. Vardagstänkandet och det som karaktäriserar detta räck-er alltså inte till för att förstå evolutionsteorin. En svårighet är att tänka sig en process som saknar mål och mening. En annan att den har pågått under ofattbart lång tid och fortfarande pågår. Att den enorma mångfalden av ar-ter skulle ha ett gemensamt ursprung och dessutom att flertalet arter som funnits är utdöda gör inte det hela lättare. Cummins, Demastes och Hafner (1994) påpekar att evolution är ett kontroversiellt och svårt område av bio-logiundervisningen. Författarna menar att evolution kräver förståelse av:

1. *an old earth*
2. *an earth undergoing gradual changes*
3. *change in a species through random occurrences acted on by natural selection*
4. *common descent of organisms*
5. *a view of a species as a collection of variable individuals*
6. *a view of humans as existing within the biological realm* (sidan 445)

Själva evolutionsteorin kan förstås med hjälp av de tre förutsättningarna befintlig variation, ärftlighet och naturligt urval jag diskuterade i förra avsnittet. I uppräkningslistan ovan skulle själva teorin delvis utgöras av punkterna 3 och 5. De andra punkterna 1, 2, 4 och 6 behövs för att inse konsekvenserna av evolutionsteorin. För att förstå livets utveckling på jorden behöver eleverna kunnande om geologisk tid, men för förståelse av teorin i sig krävs inte detta.

Ferrari och Chi (1998) redovisar evolutionsteorin i som jag kallar fem komponenter. Om man jämför dessa fem komponenter med mina tre förutsättningar för evolutionär utveckling så motsvaras variation och ärftlighet förstås av komponenterna 'variation' och 'arv'. Naturligt urval motsvaras av komponenterna 'överlevnad' och 'reproduktion'. Det finns undervisningsplaner med att dela upp urvalet i två komponenter då litteraturgenomgången visar att få elever verkar se reproduktionsskillnadernas betydelse. Detta framkommer då elever och studenter besvarar uppgifter om fitnessbegreppet. Ackumulationskomponenten utgör vad man i evolutionssammanhang kallar anpassning. Denna finns inte med bland mina förutsättningar på grund av att den är en konsekvens av de tre övriga. Många författare visar att elever och studenter har svårigheter med begreppet anpassa. De fem olika komponenterna har alltså betydelse vid undervisning och lärande i evolutionsteori.

Litteraturgenomgången visar de olika alternativa idéer som elever och studenter ofta uttrycker då undervisningen startar. Dessutom framkommer att många elever/studenter inte förändrar sina uppfattningar genom undervisning. Studenter visar sig ha liknande alternativa idéer som elever i grundskolan eller motsvarande. Detta utgör alltså utmaningen för design av undervisning i evolutionsteori.

KAPITEL 4

DESIGN AV UNDERVISNING I NATURVETENSKAP

Bakgrundsdel av avhandlingen avslutas i och med detta kapitel med en redovisning av undervisningsforskning inom naturvetenskap. Denna illustrerar jag oftast med exempel från evolutionsundervisning. Vid design av undervisning delar Andersson, Bach et al. (2003) upp processen i två faser. Jag kallar dessa för utformningsfas respektive utprövningsfas. Exempel från olika forskningsprogram får belysa de olika faserna.

4.1 Hur kan forskning förbättra skolans naturvetenskap?

Sedan 1950-talet har mycket arbete utförts för att förbättra naturvetenskaplig undervisning. Olika kursplanereformer under rubriken 'naturvetenskap för alla elever' har dock inte, i alla fall hittills, resulterat i någon markant ökning av elevernas kunskande i naturvetenskap hävdar Lijnse (1995). Förutom kursplaneutveckling har mycket av forskningen handlat om elevers alternativa idéer om naturvetenskapliga begrepp, problemlösning och metakognition. Han anser att ytterligare forskning är nödvändig som tar sin utgångspunkt i specifikt naturvetenskapligt innehåll.

Bassey (1981) påpekar att man inom undervisningsforskning har två förhoppningar som man är överens om, i alla fall i England. Undervisningsforskningen ska:

1. resultera i generaliseringar som ska ge undervisningsteorier
2. medverka till att undervisningens praktik förbättras

Författaren anser att den pedagogiska forskning som bedrivits haft utvecklande av allmänna teorier i fokus och att dessa inte ger läraren mycket hjälp i den konkreta undervisningen. Han anser att fallstudier är mer användbara för läraren i klassrummet. Om dessa utförs systematiskt, kritiskt och syftar till förbättring av undervisning utgör de valid undervisningsforskning. Resultaten måste publiceras så att områdets kunskapsinnehåll vidgas. Författaren menar att förtrogenhet med klassrumsmiljö gör att lärare kan känna igen sig i denna typ av forskning och utvecklingsarbete, vilket gör att den har potential att komma till direkt användning. Detta kallar han slutet generalisering.

Duit och Treagust (2003) skriver att forskning visar att undervisning som bygger på begreppsförändringsmodellen (CCM) om lärande ofta har varit

mer framgångsrik än mer traditionell undervisning. De menar att modellen fortfarande kan vara en bra utgångspunkt för att försöka förbättra naturvetenskaplig undervisning. Denna forskningstradition har blivit mer och mer sofistikerad och undervisnings- och lärandestrategierna mer och mer komplexa under de senaste 25 åren. Begreppsförändringsmodellen är en modell för hur lärande sker och säger inget om hur undervisning ska bedrivas. Men modellen kan få betydelse för hur undervisningen utformas. Hewson, Beeth och Thorley (1998) ger ett antal råd (guidelines) för undervisning. De påpekar att det är viktigt att de olika idéer som de aktuella eleverna visar, vanliga vardagsföreställningar och vetenskapens nuvarande ståndpunkt explicit görs i klassrummet. Eleverna måste få möjlighet att avgöra olika idéers status genom att idéerna jämförs med varandra och därmed ökar eller minskar i status. Ett nyckelbegrepp i detta sammanhang är kognitiv konflikt. Denna uppstår t.ex. då eleverna upplever att den vetenskapliga idén har högre status än den egna. När detta inträffar finns förutsättningar för ett begreppsbyte. Dessutom ska eleverna inte bara resonera och tänka med utan också om de olika idéerna. Sådana metakognitiva inslag ingår då man argumenterar för och emot och då man accepterar en idé eller ej.

Lijnse (1995) anser att det behövs en radikal förändring från 'top-down' undervisning till 'bottom-up' lärande. Han argumenterar för design av undervisning där man successivt gör elevernas värld mer 'vetenskaplig'. Han skriver:

This can be done by carefully designing teaching tasks on the basis of profound knowledge of students' preknowledge and of its development in relation to the teaching tasks set. It entails a tension between 'guidance from above' and 'freedom from below' that can only be carefully regulated empirically. The design of such teaching is therefore necessarily an empirical process of closely interconnected research and development, that we call 'developmental research'. (sidan 192)

Viennot (2001) påpekar att fortfarande relativt få resultat från didaktisk forskning ger artikulera och utvecklade förslag för hur undervisning kan bedrivas. Hon argumenterar för att forskningen ska gå ner på detaljnivå. Vid lärarutbildning räcker det inte att de studerande får generella översikter över naturvetenskaplig undervisning och naturvetenskap menar hon.

Anderson och Hogan (1999) är editorer för tidskriften *Journal of Research in Science Teaching (JRST)* och skriver att trots den centrala roll designexperiment har inom vårt forskningsområde så har mycket lite av detta arbete blivit synligt i JRST. En anledning är att denna typ av arbete inte traditionellt kallats för forskning utan för utvärderings- eller utvecklingsarbete. Detta gör att själva undervisningen blivit anonym i artiklarna. Detta styrks av Lijnse (1995) som påpekar att 'developmental research' tyvärr inte anses

som riktig forskning (ännu?). Editorerna Anderson och Hogan önskar bryta denna trend och efterlyser artiklar som lyfter fram forskningsbaserad design av naturvetenskaplig undervisning:

The National Association of Research in Science Teaching's mission is to improve science teaching and learning through research. JRST can help to advance that mission by giving our readers access to the best research-based design work in our field and by promoting critical reflection on design processes and their products. We invite submissions that will help us move toward this goal. (sidan 976)

Anderson och Helms (2001) utgår från vad vi vet och vad vi inte vet om naturvetenskaplig undervisning.

Research is needed which will: (1) be approached from multiple perspectives, (2) be conducted in the 'real world', (3) focus on interventions into conventional school practice, (4) not assume change can be driven from the top down, (5) be interpretive in nature, (6) focus on student roles and students work, (7) give major attention to teacher learning, (8) attend to parents' concerns, and (9) be approached systemically. (sidan 3)

De avslutar artikeln med att poängtera vikten av att forskningen bedrivs i vanliga skolmiljöer utan extraordinära resurser. Dessutom bör den utföras i varierande miljöer med all den komplexitet som finns inom dessa.

Cummins et al. (1994) inleder ett specialnummer om undervisning och lärande i evolutionsteori av tidskriften 'Journal of Research in Science Teaching'. Det är författarnas hopp att denna specialutgåva av tidskriften kommer att initiera till ytterligare forskning inom undervisning och lärande av evolutionsteori. De menar att evolutionen är en relativt utforskad del av naturvetenskaplig undervisning.

4.2 Design av undervisningssekvenser

Det finns idag ett växande stöd för att elevers lärande av naturvetenskapliga begrepp kan förbättras genom att implementera forskningsbaserade undervisningssekvenser (Leach & Scott, 2002).

Brown (1992) skriver om olika metodologiska hänsynstagande vid designexperiment. Hon försöker få till stånd innovativa inlärningsmiljöer och samtidigt genomföra experimentella studier. Olika teorier om lärande bidrar till designprocessen samtidigt som denna typ av forskning genererar bidrag till dessa teorier. Hennes övergripande mål i forskningen är att arbeta mot en teoretisk modell för lärande och undervisning med en fast empirisk bas. Hon riktar uppmärksamheten på de teoretiska och metodologiska problem i den rika, komplicerade och ständigt förändrade miljö som klassrummet utgör. Dessutom visar hon på behovet av nya och komplexa metodologier för att fånga lärandes natur, undervisning och utvärdering.

Vid designexperiment är det viktigt att fundera över spridningen av resultaten påpekar Brown. Man kan prata om alfa, beta och gamma faser, där alfa är att det fungerar för en själv, beta att det fungerar med särskilt utvalda lärare och gamma att det fungerar med slumpmässigt utvalda lärare. Gammafasen är den kritiska. Då ska den forskningsbaserade undervisningssekvensen fungera med minimal support i form av t.ex. en lärarhandledning. Leach and Scott (2002) avslutar sin artikel på samma tema:

The on-going challenge for designing and evaluating teaching sequences is to identify the aspects of the teaching activities and their staging that were instrumental in promoting students' learning, and consider how these can be passed on to other teachers who were not involved in the research process. (sidan 139)

Meheut (2001) diskuterar två aspekter på forskning om design av undervisningssekvenser. Den första är själva designen som bygger på forskningsresultat samt utvärderingen av densamma och den andra är att samtidigt testa hypoteser om inlärningsprocesser. Méheut och Psillos (2004) ska inleda ett temanummer av International Journal of Science Education som handlar om design av undervisningssekvenser (Teaching Learning Sequences, TLS). De påpekar att en viktig utveckling som påbörjats är att själva designprocessen med dess olika teoretiska och praktiska övervägande publiceras. Denna typ av arbete är forskning och jag anser att detta innebär att en utprövad undervisningssekvens blir ett forskningsresultat.

Den dubbla roll som forskning om undervisning och lärande har, nämligen att ge nya teorier och att medverka till att undervisningens praktik förbättras (Bassegy, 1981) beskrivs explicit i många designartiklar (t.ex. Méheut & Psillos, 2004; 'The Design-Based Research Collective', 2003; Cobb et al., 2003; Andersson, Bach et al., 2003). Dessutom påpekas av dessa forskare att designforskning kräver en övergripande cyklisk process. Utformningsfasen följs av en utprövningsfas vars resultat genererar en ny utformnings- och utprövningsfas. Detta gäller redan i alfafasen i Browns (1992) terminologi, men dessutom i både beta- och gammafaser. Den cykliska processen är framträdande i 'developmental research' (Lijnse 1995). Han och hans kollegor anser att det som krävs är småskalig kursplaneutveckling som är cykliskt kopplad till djuplodande klassrumsforskning av undervisning och lärande. Resultatet av detta blir utprövade exempel på framgångsrik undervisning. Detta påpekar han är ett långsiktigt forskningsprogram som behöver internationellt samarbete och utbyte. Ett exempel på användning av 'developmental research' inom biologiområdet är Knipples (2002) avhandling om undervisning i genetik och Verhoeffs (2003) i cellbiologi. Inom denna tradition har en forskningsinriktning som kallas 'a problem-posing approach' utvecklats (Lijnse, 2000).

*The emphasis of a problem-posing approach is thus on bringing pupils to such a position that they themselves come to see the **point** of extending their existing*

conceptual knowledge, experiences and belief systems in a certain direction. (sidan 317)

Ett scenario skapas där de didaktiska valen är välmotiverade och där den möjliga processen vad gäller undervisning och lärande är mycket detaljerat beskriven, både från lärar- och elevperspektiv. Det bästa sättet att undervisa ett innehåll kanske alltid förblir en illusion, men förbättrad undervisning kan vara tillfredställande och utgör ett värdefullt resultat.

Lijnse (2000) menar att elever som regel inte har några alternativa idéer till många vetenskapliga begrepp, modeller och teorier t.ex. materiens partikelteori. Därför blir t.ex. begreppförändringsmodellen för lärande obrukbar. Andersson och Bach (1996) diskuterar andra undervisningsförsök inom området och väljer att utveckla en något annorlunda inriktning. Bland annat presenteras en partikelmodell för gaser av läraren utan att utmana elevernas alternativa uppfattningar. Troligtvis har de i årskurs 7 inga stabila alternativa uppfattningar om denna modell, menar författarna.

En annan modell för utvecklingen av undervisningssekvenser, 'educational reconstruction' (Duit, 2001), försöker balansera innehålls- och elevperspektiven. Han hävdar att framgång i termer av förståelse av naturvetenskap endast tycks vara möjlig om dessa båda perspektiv kombineras. Modellen har utarbetats av Kattman, Duit, Gropengiesser och Komorek (1997). Den tar sin utgångspunkt i tysk didaktiktradition och konstruktivistisk epistemologi. Kattman, Duit och Gropengiesser (1998) skriver att naturvetenskaplig kunskap är ett resultat av rigorös abstraktion och reduktion vilket har som mål att göra kunskapen generellt betydelsefull. För undervisningsändamål måste abstraktions- och reduktionsprocesserna delvis reverseras. Designprocessen ingår i en interaktiv forskningsprocess som hoppar mellan de tre delarna innehållsanalys, analys av elevuppfattningar och undervisningssekvens. Den senare ska prövas och utvärderas. Vad är nytt med modellen? frågar sig författarna och svarar att inget är nytt om komponenterna i modellen betraktas var för sig. Det som är nytt är hur de förs samman och interagerar. Modellens användning exemplifieras för undervisning om seende (Gropengiesser, 1998) och genetik och evolution (Baalman et al., 1998; Baalman & Kattman, 2001)

Meheut (2000) samt Méheut och Psillos (2004) diskuterar metoden 'ingenierie didactique' för design av undervisningssekvenser. Modellen använder lärande genom problemlösning. Genom att analysera det innehåll som ska undervisas och elevernas uppfattningar om detta innehåll skapas elevproblem. Modellen är epistemologisk och säger inte mycket om psykosociala aspekter på lärande (Méheut & Psillos, 2004).

Passmore och Stewart (2002) beskriver design av evolutionsundervisning. De koncentrerar sig på själva uppläggningsen av sekvensen i sin artikel, vilket de menar är ovanligt i forskningslitteratur. Deras sekvens har tydliga innehålls- och processmål. De beskriver tre underliggande principer de har vid designen av sekvenser:

1. *There should be a commitment to designing instruction around key models in the discipline under study.*
2. *There should be recognition that scientific practice is discipline specific. The development of curriculum should therefore take into account the ways in which scientists operate within their fields.*
3. *There should be a commitment to providing opportunities for students to develop, revise, and use models in ways that are true to the discipline.*

Ämnesdidaktisk designforskning är ett ungt forskningsområde. Ett tecken på detta är att det har startat på flera olika platser mer eller mindre samtidigt, se exemplen ovan. Méheut och Psillos (2004) diskuterar att man ännu inte har någon gemensam terminologi och att man sparsamt refererar till varandra. Vid en work-shop i Paris år 2000 och vid ESERA konferensen 2001 introducerades termen 'teaching-learning sequence' (TLS).

Designforskningen har en potential att fylla det gap som idag finns mellan teoretisk forskning om undervisning och lärande och klassrumspraktik (t.ex. Lijnse, 1995; Hiebert et al., 2002; 'The Design-Based Research Collective', 2003; Andersson, Bach et al, 2003). Méheut och Psillos (2004) påpekar den dubbla roll designforskningen därmed har och att den med fördel kan kombineras i ett och samma forskningsprojekt. Detta innebär att forskningen leder fram till olika former av resultat, dels undervisningssekvensen i sig och dels utveckling av teorier om undervisning och lärande.

Två viktiga frågor som Méheut och Psillos ställer är om resultat från enskilda designexperiment kan generaliseras och vilka de kritiska punkterna i undervisningen är som resulterar i ett bättre lärande hos eleverna. Generaliseringsfrågan kan inte besvaras ännu. Det kräver experiment i större omfattning än vad som hittills utförts. Forskningsområdet är ungt och i dagsläget är vi i alfa och möjligen beta fasen i Browns (1992) terminologi. Det är först när vi kommit till gammalfasen som generaliseringsfrågan kan besvaras. I detta sammanhang är dock de undervisningssekvenser som utvecklas att betrakta som fallstudier och kan ha den praktiska användning som Basse (1981) talar om redan i dagsläget. 'The Design-Based Research Collective' (2003) argumenterar för att det är lämpligt att forskare och lärare samarbetar inom detta forskningsområde. I min forskningsmiljö finns NUDU-projektet som befinner sig i alfa- och betafasen där praktiserande lärare tillsammans med forskare utvecklar undervisningssekvenser inom

områdena evolution och materia för grundskolans senare del. Dessa undervisningssekvenser prövas och utvärderas just nu på skolor.

Frågan om vad som är de kritiska punkterna i undervisningen är aktuell också i min egen forskningsmiljö. Andersson och Bach (1996) skriver:

There is, however, one question that the improved design does not answer. Which aspects of the teaching were particularly important, and which were less important, with reference to achieving the observed result? (sidan 18)

'The Design-Based Research Collective' (2003) argumenterar för att designbaserad forskning som blandar empirisk och teoridriven forskning är viktig för att förstå hur, när och varför innovationer fungerar i praktiken. Att visa detta är inte lätt menar gruppen.

Ett designforskningsprogram i min egen forskningsmiljö (Andersson, Bach et al., 2003) har som övergripande mål att överbrygga klyftan mellan forskning om undervisning och lärande och klassrumspraktiken. Detta kan ske på tre nivåer, nämligen generella rekommendationer från forskning, följt av ämnesdidaktiska teorier (med domänspecifika aspekter) och slutligen ämnesdidaktiska lärarhandledningar för undervisning.

Produkter som denna forskning skapar är alltså beskrivningar av lektionssekvenser ingående i ämnesdidaktiska lärarhandledningar. Dessa innehåller mycket annat material än traditionella lärarhandledningar t.ex. exempel på vanliga vardagsföreläsningar, specialskrivna elevtexter, elevuppgifter, laborationsbeskrivningar, gruppövningar m.m. En annan produkt är ämnesdidaktiska teorier för undervisning. Cobb et al. (2003) påpekar att de teoretiska produkterna från designexperiment har en potential att snabbt komma till praktisk användning. Orsaken menar författarna vara att resultaten redan filterats genom att ha utprovats i klassrumsmiljö och att de frågor denna forskning försöker besvara är vanliga och känns igen av de flesta lärare i deras egen praktik. Detta motsvarar den slutna generaliserbarhet i fallstudier som Basse (1981) diskuterar och jämför med öppen generalisering i andra forskningssammanhang.

Utformningsfasen

Redovisningen av denna del av forskningsöversikten utgår från de olika delar av designprocessen som vi beskrivit i en artikel (Andersson, Bach et al., 2003). Utformningsfasen inleds med en preliminär målformulering. De mål som eleverna ska uppnå genom undervisningssekvensen dokumenteras för att vara explicita inför utvärderingen under utprovningsfasen. Leach och Scott (2002) argumenterar för en detaljerad analys av undervisningens innehåll, som ger grundförutsättningar för att sätta upp relevanta mål för

undervisningen. De menar att detta ofta lämnas implicit vid planering av undervisning. Även Cobb et al. (2003) understryker vikten att göra denna målformulering. Målet för evolutionsundervisningen är att eleverna ska lära sig teorin på ett sådant sätt att den blir ett intellektuellt verktyg, som eleverna kan använda för att förklara och i viss mån förutsäga fenomen i naturen. Målet är också att de ska kunna använda modellen eller teorin i många olika kontexter, vilket medför att de måste få rikligt med tillfällen att träna på detta under undervisningssekvensen.

Fokus är alltså på förståelse av objekt i Värld 3 för att förklara i Värld 2 fenomen i Värld 1. Det är viktigt för barn, elever och studenter att uppleva förståelse i undervisning annars tenderar de att förlora intresset. Bereiter (2002) understryker vikten av att undervisning ska leda till förståelse. Dessutom är detta troligtvis viktigt oberoende av ålder, kön och kultur. Ett tecken på detta fick jag då jag intervjuade elever om deras upplevelse av naturvetenskaplig undervisning. Jag ställde ingen explicit fråga om förståelse, men många elever tog spontant upp hur viktigt de anser detta är (Wallin, Sjöbeck & Wernersson, 2000). Den tillfredsställelse som man erfar då man upplever förståelse är antagligen en allmänmänsklig egenskap.

Nästa steg är utformning av själva lektionssekvensen. Den är forskningsbaserad, men bygger också på beprövad erfarenhet. Båda bidragen är viktiga och kompletterar varandra. Produkten av detta arbete blir en undervisningssekvens som kan beskrivas på olika sätt t.ex. en serie lektioner, ett utarbetat exempel eller en ämnesdidaktisk lärarhandledning.

Vid utformandet av själva undervisningssekvensen är det många olika aspekter som interagerar (Andersson, Bach et al. 2003). Här redovisas en översikt utifrån de nio olika aspekter som redovisas i artikeln.

Motiv för att undervisa området

Andersson, Bach et al. (2003) skriver:

Anta att vi tänker oss att undervisa om området O. En viktig fråga är då: 'Varför skall vi undervisa om O till den givna elevgruppen?' Ett skäl kan naturligtvis vara att O ingår i skolans kursplaner, men detta är inte nödvändigt. Skolan behöver alltid förnyas, och en forskargrupp kan bidra till detta. De svar på frågan som kommer fram legitimerar området, och kan påverka hur undervisningen läggs upp. (sidan 5)

Flera författare skriver om vikten av att undervisa i evolutionsteori t.ex. Thomas (2000):

Of the many aspects of science likely to shape the lives of generations of adults to come, few have stronger claim for inclusion in the contemporary science curriculum than the topics of genetics and evolution. (sidan 59)

Han diskuterar att skolbaserat lärande i genetik och evolution skulle kunna ge en tillräcklig grund för att medverka i samhällsdebatten. Författaren menar dock att detta mål inte uppnås idag trots att det vore önskvärt.

Vi själva har motiverat evolutionsområdet bland annat på följande sätt (Hagman et al., 2002):

Evolutionary theory is nowadays generally considered to be a cornerstone in the science of biology and it provides a unifying framework for most biological knowledge. This makes the theory of evolution necessary for a sound understanding of biology and implies that it should be an important part of biology education. (sidan 106)

Områdets karaktär

Duit (2000) beskriver i sin historiska översikt om forskning om undervisning och lärande i naturvetenskap, att det var i mitten av 1980-talet man började intressera sig för elevuppfattningar om naturvetenskapens karaktär (nature of science). Driver et al. (1994) påpekar att varje försök att undervisa och lära naturvetenskap måste ta hänsyn till naturvetenskapens karaktär. Flera författare anser att det är viktigt att inse att naturvetenskaplig kunskap är både symbolisk till sin natur och socialt överenskommen. Naturvetenskapens objekt är inte fenomenet i sig utan de modeller och teorier som har utvecklats för att beskriva, förstå, tolka, förklara och förutsäga dessa (Millar, 1989; Driver et al., 1994). Teorierna och modellerna, som kan tyckas enkla, har oftast tillkommit under hårt intellektuellt arbete. Med en syn på naturvetenskaplig kunskap som socialt konstruerad följer dock inte logiskt en relativism. Naturvetenskaplig kunskap är begränsad av hur världen är och har en emirisk bas. Lijnse (2000) skriver om detta på ett klokt sätt:

...In spite of all the conceptual relativism that is so fashionable nowadays, I still look at physics as a body of largely reliable knowledge with which one can successfully explain and predict, as well as develop new technology. Above all it is a field in which we now know considerably more than, say, 30 years ago – that is, in which real progress seems to be possible. (sidan 309)

Den hypotetisk-deduktiva modellen är bra att använda i undervisning för att tillsammans med barn, elever och studenter diskutera och illustrera naturvetenskaplig kunskapsutveckling. Dessutom anser jag att Poppers åsikt att naturvetenskapliga hypoteser och teorier inte kan verifieras utan endast falsifieras (se t.ex. Wolpert, 1992; Kuhn, 1992; Chalmers, 1994; Dunbar, 1995) är lämpligt innehåll för undervisning om naturvetenskapens karaktär. Vidare är en diskussion omkring objektivitet och om observationernas teorigberoende (se t.ex. Kuhn, 1992; Chalmers, 1994) ett viktigt innehåll.

Andersson, Bach et al. (2003) menar att en viktig fråga när det gäller områdets karaktär är 'Vad är området O?'. Detta innebär att man analyserar vilka

begrepp som ingår, hur dessa är relaterade till varandra, vilken den teoretiska kärnan är samt vilka viktiga satser som följer, vilken betydelse O har i naturvetenskapen, vad O har betytt och vad O betyder för samhället m.m. Svaren på denna typ av frågor påverkar hur undervisningen läggs upp.

Urval av innehåll

Leach och Scott (2002) argumenterar för en detaljerad analys av undervisningens innehåll. Vid jämförelse mellan elevers vardagsföreställningar om ett naturvetenskapligt fenomen och det innehåll som valts för undervisning identifieras vad författarna kallar 'the learning demand'. Vid identifiering av dessa lärandekrav blir vissa aspekter av innehållet i undervisningen fokuserade som annars inte hade blivit det. Flera författare tar upp det väsentliga att genomföra denna detaljerade analys av innehåll. Lijnse (2000) menar att det innehåll som skall undervisas genomgår en begreppsanalys från ett didaktiskt perspektiv. Duit (2001) diskuterar utifrån modellen 'educational reconstruction' där man försöker balansera innehållet i undervisningen med frågor om hur undervisningen skall utformas. Detta innebär först en analys av innehållets nyckelidéer och för det andra en rekonstruktion av detta innehåll utifrån ett undervisningsperspektiv. Rekonstruktionsprocessen startar med en 'elementarization' av det naturvetenskapliga innehållet som tar sin startpunkt i ledande läroböcker och andra nyckelpublikationer men även i den historiska utvecklingen. Denna första analys ska ge den teoretiska kärnan och begreppens inbördes relationer. Därefter följer processen 'educational reconstruction' där den teoretiska innehållskärnan ses ur ett undervisnings- och inlärandeperspektiv. Undervisningsinnehållet blir på detta sätt både enklare och mer komplicerat än motsvarande naturvetenskapliga innehåll. Viktigt är att de förgivettaganden som görs av vetenskapsmän och specialister men som är obekanta för elever och icke-specialister görs explicita (Kattman et al., 1998). Detta gör att innehållet expanderar. Tiberghien (1996) kallar den process då vetenskaplig kunskap utvecklas till undervisningsinnehåll för 'didactical transposition'.

Andersson, Bach et al. (2003) påpekar att de flesta naturvetenskapliga områden är så omfattande att ett urval måste göras och frågan 'Vad av O?' måste ställas och besvaras. Det är frågan om att välja ett lämpligt innehåll beroende på en mängd olika förutsättningar och motiv.

Fokus för elevernas lärande i vår undervisningssekvens har hela tiden varit evolutionsteorin. På liknande sätt beskriver Passmore och Stewart (2002) fokus i sin undervisningssekvens i evolution. Författarna menar att användning av naturvetenskapliga modeller ger 'tankeekonomi' eftersom man kan använda samma modell, evolutionsteorin genom naturligt urval, för att för-

klara den historiska evolutionen, populationsförändringar, varningsfärger, sexuell selektion, artbildning m.m. Zook (1995) diskuterar i detta sammanhang att undervisning i evolution bör visa på dess dubbelnatur, nämligen evolution som ett historiskt faktum och som en modell för processen som fortfarande pågår.

Teorier om lärande och undervisning

Duit (2000) skriver i sin historiska översikt att de inlärningsteoretiska perspektiven börjar framträda på 1970-talet med Piaget och kognitivism för att på 1980-talet utvecklas mot radikal och moderat konstruktivism. På 1990-talet utökas de inlärningsteoretiska perspektiven med socialkonstruktivism och sociokulturellt perspektiv. Mot slutet av 1990-talet övergår många till att anlägga flera olika perspektiv på lärande.

Många av författarna som publicerat arbeten om design av naturvetenskaplig undervisning utgår från en konstruktivistisk syn på lärande (t.ex. Bishop & Anderson, 1990; Jiménez-Aleixandre, 1992; Tiberghien, 1996; Andersson & Bach, 1996; Kattman et al., 1998; Viennot & Raison, 1999). Att ha en konstruktivistisk syn på lärande säger inte vilken design undervisningen ska ha, men den kan påverka designen där aktiviteter för elevernas konstruerande av kunskaper ska underlättas och tas på allvar t.ex. ge tid för reflekterande, diskuterande och andra aktiviteter där eleverna aktivt arbetar med innehållet. Lijnse (1995) menar att detta kan tyckas trivialt men påpekar att ta detta på allvar är på intet sätt trivialt ur ett undervisningsperspektiv.

Andersson och Bach (1996) menar att utgående från lärarens kunskaper om elevernas förståelse skapar han/hon i undervisningssituationer möjligheter för eleverna att utveckla en förståelse av innehållet. Författarnas hållning vad gäller undervisningsmetoder är pragmatisk. Valet av metoder varierar utifrån olika situationer och bygger på erfarenheter och intuition, då det enligt författarna inte finns stöd för någon metods suveräna överlägsenhet. De påpekar dock att läraren bör vara medveten om de elevuppfattningar om och de svårigheter att förstå ett visst innehåll som finns beskrivna i litteraturen. Denna medvetenhet påverkar lärarens olika beslut i klassrummet.

Lijnse (1995) anser att det läggs en alldeles för stor börda på lärare och elever och för lite på forskarna om man allmänt säger att läraren måste vara medveten om elevers alternativa idéer och engagera dem i situationer där de konstruerar naturvetenskaplig förståelse. Han fortsätter att vara kritisk mot forskningen (Lijnse, 2000) och diskuterar hur liten praktisk i klassrummet tillämpbar betydelse all forskning och diskussion om konstruktivism har.

vism har och har haft. Han menar att hela denna diskussion kan sammanfattas i fyra punkter, som Ogborn (1997) gör:

1. *The importance of the pupils' active involvement in thinking if anything like understanding is to be reached.*
2. *The importance of respect for the child and for the child's own ideas.*
3. *That science consists of ideas created by human beings.*
4. *That the design of teaching should give high priority to making sense to pupils, capitalizing on and using what they know and addressing difficulties that may arise from how they imagine things to be.* (sidan 131)

Lijnse (2000) kallar dessa fyra punkter för undervisningskonstruktivism. Han påpekar att det är svårt att tro att någon inte skulle hålla med om dessa idéer. Vissa forskare nog skulle vilja addera en ytterligare punkt nämligen:

Pupils' ideas have been shown to be strongly resistant to change.

/.../

However, as yet, it has only been shown that such ideas strongly resist to our teaching, underlining the necessity of didactical progress. (sidan 313)

Bishop och Anderson (1986, 1990) utvecklade en undervisningssekvens i evolutionsbiologi för collegestudenter. Deras teoretiska plattform för undervisningen är konstruktivistisk. Även Jiménez-Aleixandre (1992) använder en liknande plattform och sammanfattar idéer från olika källor om vad en undervisning som bygger på begreppsbytesmodellen karaktäriseras av:

1. *Exploration and open discussion of pupils' ideas;*
2. *Developing of activities to raise conceptual conflict;*
3. *Introduction by teachers of school science, so named to underline its differences with both children's science and scientists' science;*
4. *Developing of activities to enhance the active construction of new meanings;*
5. *Revision by learners of their own learning* (sidan 53)

Demastes, Good et al. (1995) och Demastes et al. (1996) studerar vilka begrepp som utgör elevernas begreppsekologi i evolution. De undersöker vilken effekt denna begreppsekologi har på omstruktureringen av begreppsförståelsen. De visar att det inte alltid sker ett begreppsutbyte eftersom individer kan ha flera olika idéer samtidigt. De begreppsutbyten som sker i denna studie är enligt författarna ofta mindre logiska än vad begreppförändringsmodellen förskriver. De finner fyra olika mönster:

1. *cascade* (en förändring av ett begrepp resulterade i en sekvens av begreppsförändringar)
2. *wholesale* (det gamla begreppet ersätts helt av det nya)
3. *incremental* (använder en ny term utan att förstå begreppet)
4. *dual constructions* (användning av två inkompatibla begrepp)

De två första mönstren överensstämmer med begreppsförändringsmodellen. Författarna finner dessutom att en och samma individ kan kombinera flera olika mönster.

Caravita och Halldén (1994) och Turmo (2003) diskuterar en annan strategi inom det konstruktivistiska perspektivet som utgår från de intuitiva idéer som eleverna har. Caravita och Halldén (1994) menar att beroende på omständigheterna kan undervisningen utgå från naturvetenskapliga teorier och modelltänkande eller från en förfining av vardagstänkandet om fenomen i vår omvärld. Leach och Scott (2002) utgår från ett socialkonstruktivistiskt perspektiv på lärande då de utarbetar undervisningssekvenser.

Elevers förutsättningar

Duit (2000) visar på en historisk utveckling som började med ett intresse för elevers alternativa begreppsuppfattningar inom naturvetenskap. Den startade på 1970-talet och pågår fortfarande.

Vid design av undervisningssekvenser poängterar många författare betydelsen av medvetenheten om alternativa idéer för utformning av dessa (t.ex. Bishop & Anderson, 1990; Jiménez-Aleixandre, 1992; Andersson & Bach, 1996; Leach & Scott, 2002).

Pintrich et al. (1993) samt Pintrich (1999) diskuterar vardagsföreställningarnas paradox i samband med begreppsförändring. Dels hämmar alternativa idéer begreppsförändring och samtidigt utgör de grunden för att värdera nya idéer. Författarna säger att med få alternativa idéer skulle det vara få barriärer mot nytt lärande, men trots detta anser de att forskningslitteraturen visar på det positiva värdet av att ha tillgång till flera olika idéer.

Andersson, Bach et al. (2003) skriver att det är vanligt att eleverna blandar ihop vardagens och vetenskapens värld då de försöker förstå undervisningens innehåll. Detta är viktig kunskap för läraren för att förstå elevers utgångsläge. Det är utifrån sina egna förutsättningar elever försöker förstå naturvetenskapen.

Duit (2000; 2001) diskuterar utifrån modellen 'educational reconstruction' där man försöker få ihop syftet med undervisningen med elevers perspektiv på innehållet. I elevers perspektiv ryms både deras förförståelse och deras intressen, motivation och attityder. Kattman et al. (1998) ser elevernas alternativa idéer som en nödvändig startpunkt och till och med som hjälp för lärande och inte som ett hinder för naturvetenskaplig tankesätt som skall tas bort. Vid 'conceptual change' förväntar de sig inte att naturvetenskapliga begrepp ska ersätta vardagsbegrepp, men att eleverna genom en mer moderat förändring inte längre bara litar till vardagsbegrepp utan även börjar använda mer vetenskapliga begrepp.

Baalman och Kattman (2001) menar att kärnan i deras studie är den intima interaktionen mellan det naturvetenskapliga innehållet och elevernas förståelse.

Students' conceptions and alternative framework in everyday life are accepted here above all as a necessary starting point to and even an aid for learning and not as an obstruction of scientific thought that should be removed.

Stavy, Tirosh, och Tsamir (2000) har designat undervisning med hjälp av vad de kallar 'the intuitive rules theory'. De menar på att många vardagsföreställningar härstammar från mer grundläggande intuitiva regler.

Lärarens förutsättningar

I sin historiska översikt visar Duit (2000) att man i mitten av 1980-talet också börjar intressera sig för lärarnas uppfattningar. Här visar forskning på att lärare ibland delar elevernas alternativa idéer om undervisningens innehåll t.ex. om fotosyntesen (Sanders, 1993) och om evolutionsteorin (Jiménez-Aleixandre, 1994; Zetterqvist, 2003).

Leach och Scott (2002) hävdar att de flesta studier hittills fokuserat på undervisningens olika aktiviteter och på behandlingen av innehållet och ger inte tillräcklig uppmärksamhet till den nyckelroll som läraren har för att eleverna ska ha möjligheter att lära. I lärarens förutsättningar ingår personligt kunnande vad gäller naturvetenskap och undervisning i naturvetenskap, det som Zetterqvist (2003) menar ingår i ämnesdidaktisk kompetens. Utöver detta finns aspekter som allmänt pedagogiskt och didaktiskt kunnande, självförtroende, intresse, syn på sitt yrke, på elever m.m.

Undervisningspraxis – traditionell undervisning

Vid design av undervisningssekvenser är ett av målen att förbättra nuvarande undervisningspraxis. Vad detta är, är ofta oklart och forskarna talar om det som t.ex. 'traditionell undervisning'. Det är dock nödvändigt att ha kunnande om utgångsläget för att kunna utvärdera målet ovan. Andersson, Bach et al. (2003) menar att användbar kunskap om nuvarande undervisningspraxis är bl.a. nationella och internationella utvärderingar, läromedelsanalyser samt egen och andras praktiska lärarerfarenhet. Vid design av undervisningssekvenser används också s.k. beprövad erfarenhet. Denna finns oftast inte dokumenterad och det medför att det är lämpligt att samarbeta med praktiserande lärare.

Alles (2001) diskuterar sin universitetskurs i biologi som har evolutionen som ett sammanhållande tema för hela kursen och Sinclair et al. (1997) rekommenderar att man har evolutionsteori som en röd tråd i biologiundervisningen för att eleverna ska få tillräckligt med tid för att ta till sig denna

teori. Detta är en diskussion som pågår huruvida evolutionen lämpligast bör undervisas; som en delkurs och eller som ett sammanhållande tema. De flesta artiklar om lärande och undervisning i evolutionsteori beskriver dock en sammanhållen avgränsad sekvens (t.ex. Bishop & Anderson, 1990; Jimenez-Aleixandre, 1992; Settlage, 1994; Passmore & Stewart, 2002). Ofta förespråkas att genetik bör undervisas innan evolutionsundervisning startar. Detta ifrågasätter Bizzo (1994) och påpekar att genetik inte är helt kompatibel med Darwins originalidéer. Halldén (1988) finner att det inte verkar bero på kunskaper i genetik om evolutionsteorin förklaras korrekt eller inte i elevernas berättelser.

Sinclair et al. (1997) påpekar att väl tilltagen tid krävs för att elever och studenter ska få möjlighet att tillgodogöra sig evolutionsteorin. Detta framhålls också av flera författare bland andra Demastes, Settlage et al. (1995). Jensen och Finley (1996) föreslår att tidsfaktorn bör undersökas i studier inom evolutionsteori. Keown (1988) menar att det inte är troligt att eleverna erhåller förståelse av evolutionsteori då det undervisas enligt nuvarande kursplan med ungefär en veckas studier i årskurs 9 eller 10. Brumby (1984) konstaterar att ett antal föreläsningar om evolutionsteori inte är tillräckligt för att de flesta studenter ska klara av att förklara naturligt urval tillfredsställande. Zook (1995) påpekar att den största delen av evolutionshistorien är en mikrobiell företeelse. Om detta visade sig i undervisningen, vilket det inte gör enligt författaren, skulle det bidra till bättre förståelse av evolutionen menar han.

I litteraturen finns flera exempel på olika strategier som testats för att förbättra evolutionsundervisning. Jensen och Finley (1995; 1996) utvecklade ett historierikt undervisningsmaterial för att detta skulle gynna begreppsförändring. Dessutom jämförde de två olika undervisningsstrategier; traditionell föreläsning och parvis problemlösning. Jiménez-Aleixandre (1992) utarbetade undervisningsmaterial som tog sin utgångspunkt i vanliga alternativa idéer, och som tillsammans med vetenskapliga idéer explicitgjordes i undervisningen. Hon argumenterar för att tänka med teorier istället för om teorier och i experimentgruppen används elevernas egna förföreställningar i smågrupps- och helklassdiskussioner.

Passmore och Stewart (2002) delar upp sin undervisningssekvens i olika delar:

1. Skapa ett tillåtande arbetsklimat, en skolmodell av forskarmiljö inom naturvetenskap, bjuda in till den naturvetenskapliga kulturen
2. Analysera tre modeller för utveckling av livet på jorden: Paleys 'Intelligent Design', Lamarcks 'Use Inheritance' och Darwins 'Natural selection'

3. Eleverna får formulera evolutionära beskrivningar för enkla anpassningar
4. Eleverna får svårare evolutionära problem. Grupparbeten och gruppdiskussioner
5. Forskningsansökningsförfarande med nya svårare problem
6. Fylogeni-diskussioner

Yttre förutsättningar

Detta kallas ofta för ramfaktorer. Här ingår t.ex. tid för undervisning, undervisningsmaterial, skolledning, skolans ekonomi, tillgång på datorer, samarbetsklimat m.m. Dessa och andra yttre faktorer som möjliggör och begränsar undervisningen.

Läro- och kursplaner

Andersson, Bach et al. (2003) skriver att läro- och kursplaner ingår i de yttre förutsättningarna men att de är så viktiga att det är motiverat att behandla dem som en egen aspekt. De påpekar vidare:

...En fråga av betydelse är vad läroplan och kursplaner tillsammans säger om vad undervisningen om det aktuella området bör innehålla, och hur den bör bedrivas. Det är också av vikt att analysera hur ett givet område är kopplat till andra ämnen, och på vad sätt det bygger på tidigare, och utgör underlag för senare, undervisning. (sidan 4)

Tiberghien (2000) diskuterar forskningsbaserad design av fysikundervisning. Kursplanen beskriver den kunskap som skall undervisas, men hon menar att det skapas någon form av didaktiskt kontrakt mellan lärare och elev där båda har ansvar för att lärande sker. Vidare noterar hon:

...The modeling approach guides the designer in making explicit some aspects of knowledge necessary to understand physics; these aspects may be obvious and implicit to the expert and unknown to the student... (sidan 33)

Passmore och Stewart (2002) koncentrerar undervisningen omkring centrala modeller inom naturvetenskapen.

The above took up some of the more general aspects of scientific practice, on which we based much of our curriculum development efforts. We recognize, however, that different disciplines inquire in unique ways and therefore careful consideration of the disciplinary context of the field under study is an important step in curriculum development work. (sidan 189)

Utprövningsfas

Denna inleds med själva undervisningen i klassrummet. Leach och Scott (2002) poängterar, som tidigare sagts, lärarens viktiga roll. De menar att undervisningen är interaktiv genom att både lärare och elever är aktiva, men läraren är hela tiden ledare och styr undervisningen. Lärarens roll är

att möjliggöra att den naturvetenskapliga kunskapen som blivit tillgänglig på det sociala planet kan bli till varje elevs personliga kunnande. Läraren överlämnar gradvis ansvaret till eleverna. Författarna menar att det är centralt för varje undervisningssekvens hur läraren arbetar med eleverna och 'talk into existence the scientific story'. Tiberghien (1996) diskuterar vad hon kallar 'prototypical situations' som definieras dels av hur undervisningsinnehållet utvecklas och dels av hur detta innehåll är iscensatt (staged) eller format (framed) i undervisningssituationen, speciellt i termer av lärares och elevers ansvar för lärandet.

Även Viennot och Raison (1999) påpekar lärarens viktiga roll och hävdar att deras undervisningsstrategi är direkt motsatsen till 'discovery learning'. De argumenterar för att naturvetenskap inte kan förstås eller uppstå ur diskussioner mellan elever bara de får ändamålsenliga uppgifter. Bland annat behövs föreläsningar och introduktioner från läraren. De ser läraren som den helt avgörande huvudpersonen.

Innan undervisningens start kan de aktuella elevernas förförståelse undersökas t.ex. med ett förtest, intervjuer och/eller gruppdiskussioner. Under själva undervisningen insamlas olika data för att utvärdera elevernas lärande och attityder t.ex. genom intervjuer, gruppdiskussioner, observationer, uppgiftslösning, testuppgifter, loggbokskrivande m.m. Viennot (2001) påpekar också att utvärdering är en viktig komponent. Mycket av denna utvärdering kan användas formativt under undervisningens gång. Mot slutet av undervisningen kan man dessutom göra en summativ utvärdering. Önskvärt är också att genomföra någon form av fördröjt eftertest för att undersöka den långsiktiga behållningen av lärandet. Detta är enligt Andersson och Bach (1996) inte så vanligt förekommande i litteraturen. Cobb et al. (2003) menar att hur man mäter, genererar data, har avgörande betydelse för om forskningen ska ha möjlighet att ge användbara resultat. Detta kan tyckas trivialt men förbises ofta enligt författarna. De poängterar att mätvärden skapas, de hittas inte och beslut omkring detta skapande är bland de viktigaste man gör.

Black och Wiliam (1998) ger formativ utvärdering följande definition:

Formative assessment ...is to be interpreted as encompassing all those activities undertaken by teachers, and/or by their students, which provide information to be used as feedback to modify the teaching and learning activities in which they are engaged. (sidorna 7 – 8)

Författarna finner stöd för att formativ utvärdering ökar möjligheten för eleverna att lära. Även om det inte finns någon garanti har författarna inte funnit något exempel på att formativ utvärdering skulle ge negativa effekter. Då författarna undersökte förekomsten av formativ utvärdering finner

de att den är sällsynt i praktiken. Det visas i tidigare översikter som de refererar till och det bekräftas av senare forskning. Den utvärdering som görs är behäftad med olika svagheter enligt författarna:

- *Classroom evaluation practices generally encourage superficial and rote learning, concentrating on recall of isolated details, usually items of knowledge which pupils soon forget.*
- *Teachers do not generally review the assessment questions that they use and do not discuss them critically with peers, so there is little reflection on what is being assessed.*
- *The grading function is over-emphasised and the learning function under-emphasised.*
- *There is a tendency to use a normative rather than a criterion approach, which emphasises competition between pupils rather than personal improvement of each. The evidence is that with such practices the effect of feedback is to teach the weaker pupils that they lack ability, so that they are de-motivated and lose confidence in their own capacity to learn. (sidorna 17 – 18)*

Författarna finner att lärarna har dålig förståelse av formativ utvärdering, att nationella och lokala krav påverkar hur lärarna utvärderar och att införande av formativ utvärdering kräver djupgående förändringar i nuvarande klassrumspraktik.

Crooks (1988) konkluderar att summativ utvärdering och gradering har varit alltför dominerande och att mer utvärdering bör utföras i klassrummet med syfte att understödja elevernas lärande. Andersson (2000b) skriver att nationella utvärderingar i termer av gott respektive dåligt elevkunnande ofta vilar på en bräcklig metodologisk grund. Han argumenterar för att resultaten i stället kan användas för att utveckla undervisning:

...But the uncertainty must be taken into consideration when deciding if goals have been attained or not. This insight has led us to play down the evaluation aspect somewhat when reporting results, and to put greater emphasis on the fact that national assessment may be a good way to build up knowledge that could contribute to school development ... 'developmental validity' (sidan 66)

Tidigare resultat av undervisning i evolutionsteori

Den undervisning Bishop och Anderson (1990) genomförde bygger på begreppsbytesmodellen och hade enligt författarna moderat effekt på elevernas begreppsförståelse. Andelen elever som använder vetenskapliga idéer ökade från 25 % på förtestet till 50 % på eftertestet. Många studenter lär sig teorin vid undervisningen, men trots den förändrade undervisningen är det enligt författarna inte tillräckligt många. Författarna drar slutsatsen att evolutionsteorin är mycket svårare att förstå än de flesta biologer tror. Dessutom, Settlage et al. (1995) upprepade studien ovan och resultatet blev ma-

gert. Få studenter presterade naturvetenskapliga evolutionsförklaringar på eftertestet. Resultatet var till och med sämre än i originalstudien. Bizzo (1994) redovisar resultat från ett skriftligt test efter undervisning i evolutionsteori. Ungefär tre fjärdedelar av eleverna har inga korrekta svar och en enda elev har alla rätt. Författaren konkluderar att olika studier visar att undervisningen i evolutionsteori har misslyckats.

Brumby (1984) finner i en undersökning att de flesta av de begåvade medicinstudenterna har slutat skolgången med vardagsuppfattningar om naturligt urval. Resultaten från slutprovet i universitetskursen visar dessutom att många studenter fortfarande inte kan förklara naturligt urval tillfredställande. Hon resonerar om att de verkar se naturvetenskaplig kunskap som absolut och denna accepteras och lärs ytligt som fakta. Jungwirth (1975) finner att de studenter som intervjuas anser att deras högskolestudier bidragit mycket litet, om ens något, till en djupare förståelse av evolutionära begrepp. Greene (1990) utförde ett test där studenterna ombads använda idén om naturligt urval efter undervisning. Endast 3 % av studenterna hade en verkligt god förståelse av evolutionsteorin utgående från inomartsvariation. En funktionell förståelse utgående från variation i endast den fokuserade egenskapen visas dock av 43 % av studenterna. Halldén (1988) undersökte gymnasieelever (ej naturvetenskapsprogrammet) i årskurs två genom att, innan och efter undervisning, låta dem skriva en berättelse som förklarar utvecklingen av arter. Dessa berättelser visar sig dock vara svåra att urskilja som grupper innan och efter undervisning, men andelen elever som inte kan ge någon förklaring minskar och fler ger vetenskapliga förklaringar. Anderson et al. (2002) finner då de använde 20 flervalsuppgifter i ett test (the Conceptual Inventory of Natural Selection, CINS) att andelen korrekta svar varierar mellan 15 % – 80 % bland studenterna.

Jensen och Finley (1995) undersökte studenternas kunnande efter undervisning med ett eftertest som fördröjdes en vecka. Studenterna lyckas signifikant bättre på eftertestet än på förtestet, men resultat är enligt författarna inte tillfredställande. Det visar sig att 45 % av eftertestsvaren är vetenskapliga jämfört med 23 % på förtestet. I en annan undersökning (Jensen & Finley, 1996) jämför de fyra olika undervisningsstrategier. Den grupp som undervisas med parvis problemlösning och historierikt material lyckas bäst och den som har både traditionellt material och traditionell undervisning lyckas sämst. Även om studenterna lär sig signifikant mer än tidigare finns många alternativa idéer kvar. De flesta redovisade studierna visar på att elever och studenter inte lär evolutionsteorin på ett sett som motsvarar uppställda mål för undervisningen. I Jiménez-Aleixandres (1992) studie lyckades dock experimentgruppen i detta sammanhang relativt bra. Hon använde en experiment- och en kontrollgrupp som gjorde för- och eftertest samt ett

fördröjt eftertest. På en uppgift som används i undervisningen svarar de båda elevgrupperna lika bra, men på nya uppgifter lyckas experimentgruppen mycket bättre. I ett fördröjt eftertest ett år efter undervisningen lyckas experimentgruppen fortfarande bättre (60 % vetenskapliga svar jämfört med kontrollgruppens 23 %). Författaren påpekar att det inte verkar räcka att bara berätta för eleverna om olika alternativa idéer om evolution, vilket man gjorde i kontrollgruppen. Istället bör man även använda elevernas egna alternativa idéer och diskutera dessa i relationen till undervisningsinnehållet både i smågrupper och i helklass, vilket gjordes i experimentgruppen. Detta stöds av Lawson och Thompson (1988) som menar att det inte räcker att undervisa om de vetenskapliga idéerna utan att även elevernas alternativa idéer måste vara med i undervisningen för att eleverna ska kunna överge dessa.

4.3 Ämnesdidaktiska teorier för undervisning

Lijnse (2000) menar att det saknas innehållspecifika teorier för naturvetenskaplig undervisning. Han formulerar det som saknas:

...past research on 'alternative frameworks' (as well as the disappointing effects of the major curriculum development projects of the past) have shown that this didactical expertise, even in the case of experienced teachers, is insufficient. This is not at all meant to devalue the didactical knowledge of experienced teachers, but only to argue that an extension of such knowledge is badly needed. This cannot be left as a task only for practitioners themselves, but should be considered an area in need of proper research: didactics of science. (sidan 311)

Han formulerar huvudmålet på följande sätt:

The primary aim of (research in) didactics of science is content-specific didactical knowledge, based on developing and justifying exemplary science teaching practices. (sidan 312)

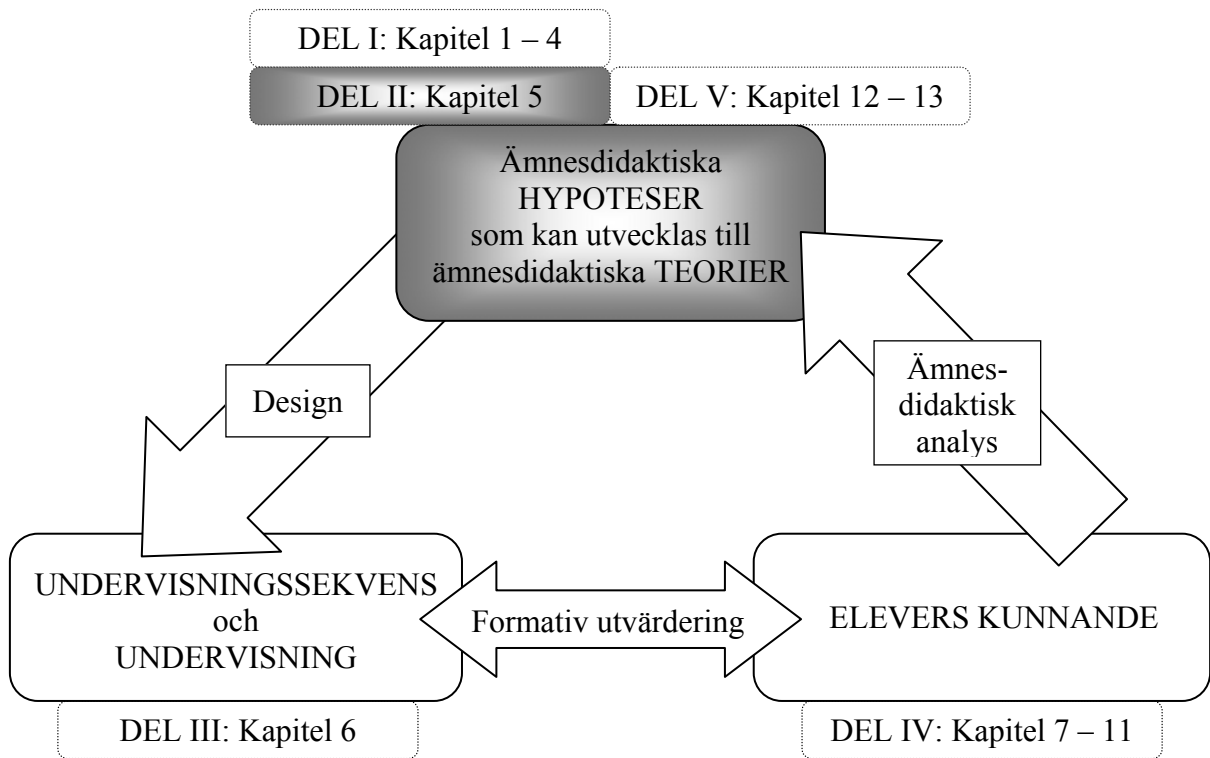
Att skapa olika scenarier genom 'developmental research' har resulterat i ganska detaljerade innehållspecifika 'teorier' för undervisning. Senare reflektion över dessa scenarier från olika perspektiv kan leda till mer generella teorier (Lijnse, 1995; Knippels, 2002; Verhoeff, 2003).

Som redan nämnts flera gånger ovan har designforskning den dubbla uppgiften att förbättra undervisningspraktiken och att skapa teorier om undervisning och lärande. Cobb et al. (2003) och Andersson, Bach et al. (2003) kallar dessa för domänspecifika teorier. I dagsläget har de få som utvecklats (genetik (Knippels, 2002), cellbiologi (Verhoeff, 2003) och geometrisk optik (Andersson, Bach et al., 2003)) inte en teoristatus enligt min definition, utan är att betrakta som hypoteser. Hiebert et al. (2002) kallar dem också för hypoteser och skriver att de som formats i ett klassrum, lokala hypoteser, utvecklas mot teorier då de testas och utvecklas i nya miljöer.

Vi har i vår projektgrupp gjort ett designexperiment med utformning och utprovning av en undervisningssekvens i en cyklisk process. Själva undervisningssekvensen har utprovats tre gånger. Flera av de designartiklar som finns redovisade i litteraturgenomgången var inte publicerade då vi startade vårt projekt. Vi har dessutom lämnat ett eget bidrag genom att tillsammans med Björn Andersson och Frank Bach skriva en artikel om design av naturvetenskaplig undervisning (Andersson, Bach et al., 2003). I artiklarna börjar man mera explicit behandla skapandet av teorier för undervisning och lärande inom olika specifika undervisningsinnehåll, det vill säga utveckling av vad jag har valt att kalla 'ämnesdidaktiska teorier för undervisning'. Ett första utkast till en sådan teori för evolutionsundervisning formuleras som en hypotes i kapitel 6. Den speglar vårt tänkande inför tredje experimentundervisningen. Efter analys av elevernas kunskande, som redovisas och diskuteras i kapitel 7 – 11, avslutas avhandlingen i kapitel 12 med en reviderad version av hypotesen, som nu betraktas som en vidareutvecklad hypotes för fortsatt provning i nya designexperiment.

DEL II

SYFTE OCH GENOMFÖRANDE



KAPITEL 5

FORSKNINGSFRÅGOR, UPPLÄGGNING OCH DATAINSAMLING

Detta kapitel inleds med de syften jag har med avhandlingen och vilka forskningsfrågor jag vill besvara. Därefter redogörs för studiens övergripande uppläggning samt de datainsamlingar som ligger till grund för resultaten. Vidare beskrivs de skolor, lärare och undervisningsgrupper som ingår, liksom bortfall av elever. Kapitlet avslutas med en redovisning av de statistiska test som har använts samt överväganden angående validitet, kvalitetskriterier och reliabilitet.

5.1 Syften och frågeställningar

Målet med undervisningen är att eleverna ska lära sig evolutionsteorin så att de kan beskriva, förstå, förklara och delvis förutsäga biologiska fenomen i ett evolutionärt perspektiv. I avhandlingen finns två syften. För det första att genom en cyklisk designprocess utveckla en undervisningssekvens i biologisk evolution. För det andra att studera elevernas kunnande och utvecklingen av detta. Denna utveckling följde jag från de förföreställningar som framkom i förtest och intervjuer innan undervisningens start och fram till eftertestet ett år efter avslutad undervisning. Genom att analysera vad som krävs för att elever ska utveckla ett mer vetenskapligt kunnande utifrån sin förförståelse läggs grunden till en 'ämnesdidaktisk teori för undervisning i biologisk evolution'. Avhandlingen har alltså det dubbla syfte som Bassey (1981) uttrycker att undervisningsforskning bör ha; dels resultera i generaliseringar i form av undervisningsteorier och dels medverka till att undervisningens praktik förbättras.

Följande frågeställningar önskar jag besvara:

- Hur kan en undervisningssekvens i evolutionsteori som bygger på vetenskaplig grund och beprövad erfarenhet se ut?
- Hur ser elevernas kunnande i evolutionsteori ut innan, under och efter undervisning med avseende på naturvetenskapliga begrepp och på konsistensen i användandet av teorin?
- Hur kan elevernas successiva utveckling av kunnande i evolutionsteori beskrivas?
- Hur ser en ämnesdidaktisk teori (hypotes) för undervisning i biologisk evolution ut?

5.2 Studiens uppläggning

Experimentundervisningen utfördes på två olika gymnasieskolor och av två olika lärare. Båda lärarna, A och B, kom att ingå som aktiva forskare i projektet. I stort sett samtliga elever var mellan 17 och 19 år gamla under tiden datainsamlingarna gjordes. De hade alla valt det naturvetenskapliga programmet i gymnasieskolan. Undervisningen ingick i den för naturvetarprogrammet obligatoriska kursen Biologi A. Denna betraktas som relativt avancerad i gymnasiesammanhang och ingår endast i detta program. Eleverna är att betrakta som studiemotiverade då de sökt det program på gymnasieskolan som anses mest krävande och dessutom är förberedande för högre naturvetenskapliga studier på universitet eller högskola. Eleverna kan därför inte betraktas som representanter för hela sin åldersgrupp. De kan heller inte anses representativa för elever på det naturvetenskapliga programmet som helhet, då de är uttagna av praktiska skäl och inte slumpmässigt.

Avhandlingens empiriska del bygger på undervisning i tre olika grupper. Datainsamlingarna gjordes mellan februari 1999 och januari 2002. De tre experimenten inleddes med ett förtest. Själva undervisningssekvensen avslutades i exp1 och exp3 med ett skriftligt prov. I exp2 gjordes en hemtentamen. Eftertestet utfördes ungefär ett år efter undervisningens slut för att undersöka elevernas långsiktiga behållning. Se figur 5.1 för en översikt.

Innan	Undervisningen		Cirka ett år efter
Förtest	Sekvensen	Prov	Fördröjt eftertest

Figur 5.1. Uppläggning av experimentundervisningen

De tre experimenten utformades något olika på grund av att erfarenheter från de tidiga användes formativt på de senare. Arbetet kan ses som en cyklisk process med design av undervisningssekvensen, undervisning, utvärdering av denna och därefter ny design och så vidare i tre olika cykler.

Datainsamlingarna

I tabell 5.1 visas de datainsamlingar som ligger till grund för resultaten i avhandlingen. Endast i exp2 utfördes intervjuer med eleverna innan undervisningen startade. Dessa infördes för att få en rikare uppfattning om elevernas förförståelse. Exp3 var annorlunda än de två tidigare genom att inga intervjuer utfördes överhuvudtaget. Huvudanledningen till att slopa dessa var att de utgör ett extra tillfälle för eleverna att reflektera över undervisningens innehåll utöver själva undervisningssekvensen. Detta kan påverka elevernas lärande, vilket är olyckligt ur ett forskningsperspektiv. Dessutom

är intervjuer tidskrävande och därför infördes istället strukturerade smågruppsdiskussioner med liknande innehåll under exp3. Dessa infördes också för att jämföra med resultatet från analyserna av intervjuerna. De inslag som användes i forskningssyfte utgjorde i exp3 en del av själva undervisningssekvensen. Detta medför att den är möjlig att genomföra i sin helhet av en enskild lärare, vilket kan ha fördelar då undervisningssekvensen i framtiden ska prövas med andra lärare och elever i beta- och gamma fasen.

Tabell 5.1. Datainsamlingarna i de tre experimentomgångarna och hur många elever som deltog

Datainsamling	Exp1	Exp2	Exp3
<i>Innan undervisningen startar</i>			
Förtest	43 elever	23 elever	24 elever
Intervjuer om variationens uppkomst och naturligt urval		12 respektive 10 elever	
<i>Undervisningen startar</i>			
Undervisningen observeras	nej	ja	ja
Intervjuer om variationens uppkomst och naturligt urval	12 respektive 35 elever	10 respektive 12 elever	
Smågruppsdiskussioner om naturligt urval			18 elever
Individuell databasstyrd internetuppgift			18 elever
Summativ utvärdering	Prov 46 elever	Hemtentamen 22 elever	Prov 18 elever
<i>Undervisningen avslutas</i>			
Fördröjt eftertest	47 elever	20 elever	18 elever

Skolorna, lärarna och undervisningsgrupperna

Skolan i exp1 ligger i en kranskommun till Göteborg och eleverna tillhör till största delen svenska medelklassfamiljer. I stort sett samtliga kommunens ungdomar undervisas på denna gymnasieskola. Två av fyra klasser på det naturvetenskapliga programmet vt 1999 utgör undervisningsgruppen. Eleverna undervisades av lärare A i projektet. Då undervisningen startade bestod dessa klasser av 51 elever. Av dessa deltog 43 elever i förtestet. Bortfallet beror på att vi i exp1 hade inledande problem i överföringen av data mellan skolans datorer och projektets databas. Det finns inget som talar för att dessa elever skulle utgöra någon speciell elevkategori utan kan betraktas som ett mer eller mindre slumpmässigt bortfall. I eftertestet deltar

de 47 elever som fanns kvar på skolan ett år senare. Av dessa har 41, 22 män och 19 kvinnor, också gjort förtestet och utgör elevgruppen i exp1. Dessa elever har tilldelats ett nummer inom intervallet 1 – 50.

Under den pågående undervisningen i exp1 intervjuades 35 elever om 'naturligt urval' av två personer på en och samma dag. Några elever var frånvarande denna dag. Sju som var närvarande ville inte låta sig intervjuas. Av dessa 35 elever gjorde 29 både för- och eftertest och ingår i denna avhandling.

Skolan i exp2 skiljer sig på många sätt från den i exp1. Den ligger i centrala Göteborg. Höstterminen 1999 följdes en av totalt tre klasser på det naturvetenskapliga programmet. Eleverna undervisades av lärare B i projektet. Majoriteten av eleverna i denna klass har annat kulturellt ursprung än det svenska. Då undervisningen startade bestod klassen av 23 elever. En elev slutade under undervisningsperioden och ytterligare två innan eftertestet. Återstående 20, 3 män och 17 kvinnor, utgör undervisningsgruppen i exp2. Dessa elever har tilldelats ett nummer inom intervallet 100 – 130.

Exp3 genomfördes på samma skola och med samma lärare som i exp2. Höstterminen 2000 följdes en av totalt tre naturvetenskapliga klasser. Klassen bestod av 24 elever, då undervisningen startade. Under undervisningens gång slutade 6 elever. Majoriteten av eleverna i klassen gick på idrottsgymnasiet och skolan har riksintag. Det stora avhoppet beror på att elever flyttar tillbaka till sin hemort. Trots att skolan har en stor andel elever från andra kulturer än den svenska bestod majoriteten i denna klass av elever från familjer med svensk kulturell härkomst. De 18 elever som deltog hela tiden består av 13 män och 5 kvinnor och utgör undervisningsgruppen i exp3. Dessa elever har tilldelats ett nummer inom intervallet 170 – 200.

5.3 Statistiska test och generaliserbarhet

På många ställen i avhandlingens resultatredovisning används statistiska test. Huvudsakligen använder jag mig av ickeparametriska test som Chi2-test (2*n-tabeller), Wilcoxon's parade rangtest och Kruskal-Wallis envägs-test (Siegel, 1956). Vid ett tillfälle använder jag t-test (Snedecor & Cochran, 1967). Anledningen till att jag använder statistiska test är att jag inte vill diskutera mönster och samband som frekvent skulle kunna ha uppkommit av slumpskäl, jag vill bara beakta sådana som troligen inte har slumpmässig orsak, dvs. som är statistiskt signifikanta. Dessutom väljer jag att slå samman data från de tre experimenten då det inte föreligger någon uppenbar, dvs. signifikant skillnad mellan resultaten i dessa. Den exakta signifikansnivån återfinns i en fotnot. En signifikant skillnad i avhandling-

en är att det observerade mönstret kan uppkomma av rena slumpskäl med en sannolikhet $\leq 5\%$.

Det är viktigt att i detta sammanhang påpeka att statistiska test inte görs för att kunna generalisera till grupper utanför de klasser jag arbetat med. En mer generell inferens är inte möjligt, då elevgrupperna inte är slumpmässigt utvalda. Dessutom är antalet klasser litet och projektet är i alfa-fasen i Browns (1992) terminologi. I denna avhandling kan man säga att det ingår tre studier, som är att betrakta som fallstudier och dessa har enligt Bassey (1981) och Cobb et al. (2003) en potential att snabbt komma till praktisk användning. Vidare säger Bassey att om dessa utförs systematiskt, kritiskt och syftar till förbättring av undervisning utgör de valid undervisningsforskning. Han diskuterar att detta kan kallas för sluten generalisering. Det innebär att det är läsaren som står för generaliseringen. Det fodras dock att läsaren är välbekant med undervisningssituationer och har möjlighet att känna igen sig så att han/hon kan avgöra om studien medför ett kunskaps-tillskott.

I avhandlingen gör jag alltså inte några generaliseringsanspråk utifrån data utöver en s.k. sluten generalisering. Däremot gör jag generaliseringsanspråk utifrån idéer, dels när det gäller formuleringen av de olika aspekterna i den ämnesdidaktiska hypotesen och dels när det gäller designprocessen som leder fram till undervisningssekvenser.

5.4 Validitet och kvalitetskriterier

Validitet eller giltighet handlar om systematiska mätfel. Mäter de testuppgifter och intervjufrågor vi valt det vi avser att mäta? Syftet i undervisningssekvensen är att eleverna ska lära sig evolutionsteorin för att beskriva, förstå, förklara och delvis förutsäga biologiska fenomen.

För att pröva detta har vi hämtat uppgifter från litteraturen, som har använts i många undersökningar tidigare. De har alltså redan prövats av forskare, som är insatta i alternativa idéer inom området och dessutom kunniga i evolutionsteori. Dessa olika forskare ser liknande svårigheter i elevers eller studenters förståelse av evolutionsteorin. Många av uppgifterna har dessutom använts i olika länder och har översatts till flera olika språk. De får därför anses ha god innehållsvaliditet. Vår översättning till svenska från engelska skulle kunna påverka validiteten. Dock visar det sig i litteraturlöslagen att elever har liknande svårigheter att förstå och använda evolutionsteorin i olika länder. Prov och hemtentamen innehåller flera för eleverna nya uppgifter och i eftertestet finns dessutom åtminstone en för eleverna helt okänd uppgift. Detta medför att eleverna i testsituationer får

uppgifter med nya kontexter. Därmed anser jag att innehållsvaliditeten ökar.

Validitet används oftast i kvantitativa studier. Denna avhandling är kanske snarare att betrakta som en kvalitativ studie och det kan vara lämpligare att diskutera olika kvalitetskriterier (Larsson, 1994). Han menar att föreställningar om kvalitet i vetenskapliga arbeten är fundamentala och presenterar olika kvalitetskriterier:

1. *Kvaliteter i framställningen som helhet*: perspektivmedvetenhet, intern logik, etiskt värde
2. *Kvaliteter i resultaten*: innebördsriktighet, struktur, teoritillskott
3. *Validitetskriterier*: diskurskriteriet, heuristiskt värde, empirisk förankring, konsistens, det pragmatiska kriteriet

Larsson påpekar att vissa företrädare för kvantitativa studier anser att kvalitetskriterierna även är tillämpliga för dem, men författaren är skeptisk. Jag anser personligen att uppdelningen i kvantitativa och kvalitativa studier känns tveksam, men väljer att inte gå in i den diskussionen.

När det gäller kvaliteter i framställningen som helhet har jag i bakgrunden redogjort för vilken forskningstradition jag tillhör och vilken teoretisk plattform min avhandling har. Jag försöker att tydligt visa mina forskningsfrågor och redovisar var i avhandlingen jag avser att besvara dem. Vad gäller etiska överväganden har samtliga elever skriftligen medgivit deltagande i undersökningen och jag har respekterat vissa elevers önskan att inte vilja ingå i intervjuer eller videoinspelningar. För omyndiga elever fick även föräldrarna skriva under. Alla elever är anonyma i avhandlingen. De informerades om att det de skrev på test eller sa i intervjuer skulle skrivas ut, men aldrig sättas i samband med deras namn. De flesta uppgifter som samlats in skulle jag dock inte betrakta som personligt känsliga utom kanske uppfattningar som religiös tro och andra livsåskådningar. Detta är dock en sak som endast eleven själv kan avgöra. Det kan vara möjligt för en elev att känna igen sitt eget svar eller uttalande. Risken att någon elev med säkerhet skulle kunna avgöra från vem någon annans uttalande eller svar kommer, anser jag dock vara liten.

Innebördsriktighet, som är en del av kvaliteter i resultaten, anser jag att jag ökar denna genom att undersöka elevernas sätt att förstå evolutionsteorin i sin helhet och dess delar med flera olika metoder, skriftliga test, intervjuer och smågruppsdiskussioner. Larsson (1994) skriver vidare att resultaten bör ha en så enkel och klar struktur som möjligt. Detta har jag försökt göra, men det är svårt att själv avgöra om det lyckats. När det gäller teoritillskott avslutar jag min avhandling med en vidareutvecklad hypotes till en 'ämnes-

didaktisk teori för undervisning i biologisk evolution'. Min förhoppning är att denna ska upplevas som ett teoritillskott.

Larsson avslutar med validitetskriterier och först diskuterar han diskurskriteriet som innebär att påståendena och argumenten klarar sig vid en prövning mot andra. Jag har haft förmånen att arbeta inom ett projekt där vi presenterat delresultat på flera internationella konferenser. Vi har fått våra 'paper' accepterade för muntliga presentationer och dessutom har två 'paper' publicerats i efterföljande refereebedömda konferensböcker (Wallin et al., 2001a; Hagman et al., 2003). Larssons nästa kriterium kallar han heuristiskt och han bedömer detta som centralt. Dess innebörd är att läsaren genom framställningen ska se någon aspekt av verkligheten på ett nytt sätt. Min förhoppning är att så är fallet, men att alla läsare skulle uppleva detta verkar stort och osannolikt. Det är kanske utifrån detta kriterium som läsaren kan göra en sluten generalisering. Denna studies empiriska förankring anser jag vara stark. Detta har flera orsaker bl.a. att jag har egen erfarenhet som lärare, att jag deltog i planering av undervisningssekvensen, att jag observerade undervisning och att jag samlade in elevdata med flera olika metoder. Konsistenskriteriet ser Larsson som tolkning som byggs upp av spelet mellan del och helhet. Bygger de olika kapitlen i denna avhandling upp en helhet? Jag har försökt hålla helheten med hjälp av undervisning och lärande i evolutionsteori. Det sista kriteriet som Larsson tar upp är det pragmatiska. Jag hoppas att avhandlingsresultatet upplevs som användbart både av verksamma lärare och av forskare. Min förhoppning är att avhandlingens resultat ska medverka till en förbättrad undervisning och att elever och studenter ska nå en förståelse av evolutionsteorin genom en undervisning som utgår ifrån deras förförståelse.

5.5 Reliabilitet

Reliabilitet eller tillförlitlighet är ett mått på ett tests precision. Reuterberg (1996) skriver att:

En förutsättning för att få en hög validitet är att mätinstrumentet också har en hög reliabilitet men en hög reliabilitet garanterar inte en hög validitet.

Det handlar främst om slumpmässiga mätfel. Det kan vara tillfälligheter under ett visst mättillfälle t.ex. eleverna ska direkt efter testtillfället ha ett stort betygsavgörande prov, det utförs en brandövning mitt i testtillfället m.m. Mig veterligen hände inget extraordinärt under de olika testtillfällena som ligger till grund för datainsamlingarna, utöver de bortfall som redovisats tidigare.

Vid kategorisering av elevsvar fungerar den person som utför dessa som mätinstrument. Reliabilitet har betydelsen pålitlighet hos uppmätta värden i

ett experiment, vilket bekräftas genom att detta kan upprepas med likartat resultat. Detta motsvarar interbedömarreliabilitet.

De flesta kategoriseringar av uppgifterna i de olika testen i denna avhandling bygger på analyser av i vilken utsträckning svaren innehåller alternativa eller vetenskapliga idéer. Utifrån detta kategoriseras resonemangen i underkategorier. De alternativa idéerna kategoriseras utifrån vilken alternativ idé de anses representera och de vetenskapliga utifrån de fem komponenterna, 'variation', 'överlevnad', 'reproduktion', 'arv' och 'ackumulation'. Interbedömarreliabiliteten har undersökts för en av de öppna uppgifterna från för- och eftertest, nämligen geparduppgiften (se appendix 1). En inledande testning av reliabiliteten gjorde jag med hjälp av mina båda ämnesdidaktiska handledare, vilka inte är biologer. Jag valde slumpmässigt ut 50 svar och vi diskuterade kategoriseringssystemet. Vi kunde tillsammans kommunicera kategorierna och mina handledare kunde dessutom urskilja de olika komponenterna.

För att ytterligare analysera reliabiliteten i kategoriseringen gjorde jag själv om kategoriseringen av samtliga 333 elevsvar på geparduppgiften och jämförde mina båda kategoriseringstillfällen (tabell 5.2 och 5.3, samma person). Vid denna kategorisering diskriminerades inte mellan de olika alternativa idéerna, utan endast om svaret representerade alternativa eller vetenskapliga idéer och vilka komponenter svaret innehöll.

Tabell 5.2. Interbedömarreliabiliteten vid kategorisering av svar på geparduppgiften (n=333) utifrån om svaret representerar alternativa eller vetenskapliga idéer.

Idéer	Interbedömarreliabilitet	
	samma person	två personer
Alternativa eller vetenskapliga idéer	98 %	99 %

Därefter skrev jag ner en instruktion över kategoriseringsförfarandets principer och en annan person i projektgruppen kategoriserade alla de 333 svaren (tabell 5.2 och 5.3, två personer). Vid alla dessa kategoriseringar ordnades svaren slumpmässigt, både med avseende på testtyp (för- eller eftertest) och elevgrupp (experimentgrupper eller övriga). Resultatet från interbedömarreliabilitetstesten finns i tabell 5.2 och 5.3.

Efter en första jämförelse av kategoriseringsresultatet diskuterade vi våra respektive tolkningar av principerna för kategorisering och uppmärksammade då att vi haft olika kriterier för komponenterna 'reproduktion' och 'ackumulation'. Vi kom överens om vilka kriterier vi skulle använda. Reliabi-

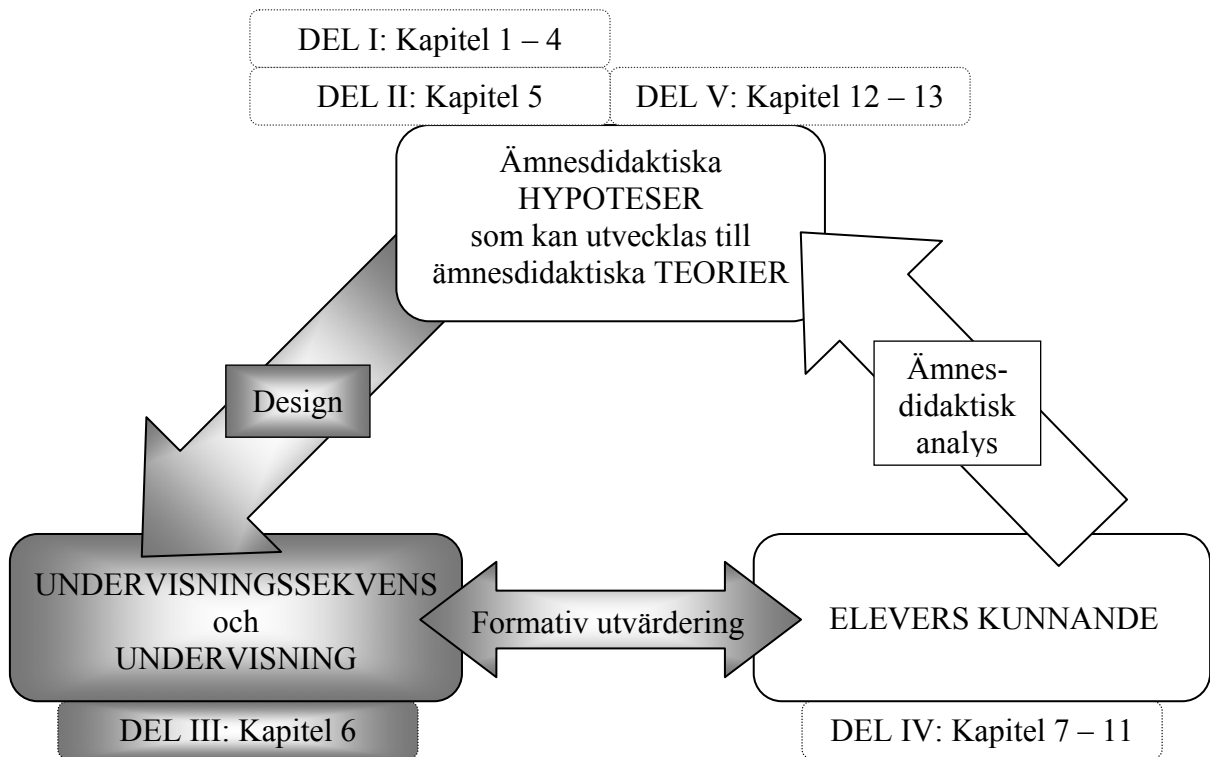
liteten med avseende på reproduktionskomponenten ändrades från 85 % till 95 %. Det blev dock ingen förbättring när det gäller ackumulationskomponenten. Denna första kontroll gjordes utan att vi studerade några konkreta elevsvar tillsammans. Efter detta diskuterade vi de återstående svaren, där vi gjort olika kategorisering, och vi lyckades enas om kategori i samtliga fall. Detta kategoriseringssystem används på flera uppgifter i avhandlingen, men ingen ytterligare kontroll av interbedömarreliabiliteten har gjorts.

Tabell 5.3. Interbedömarreliabiliteten vid kategorisering av svar på geparduppgiften (n=333). Sista raden representerar de fem komponenterna sammantaget.

Komponent	Interbedömarreliabilitet	
	samma person	två personer
Variation	98 %	98 %
Överlevnad	98 %	93 %
Reproduktion	98 %	95 %
Arv	95 %	95 %
Akkumulation	97 %	89 %
Sammantaget	89 %	77 %

DEL III

UNDERVISNING



KAPITEL 6

UNDERVISNINGSSSEKVENSEN

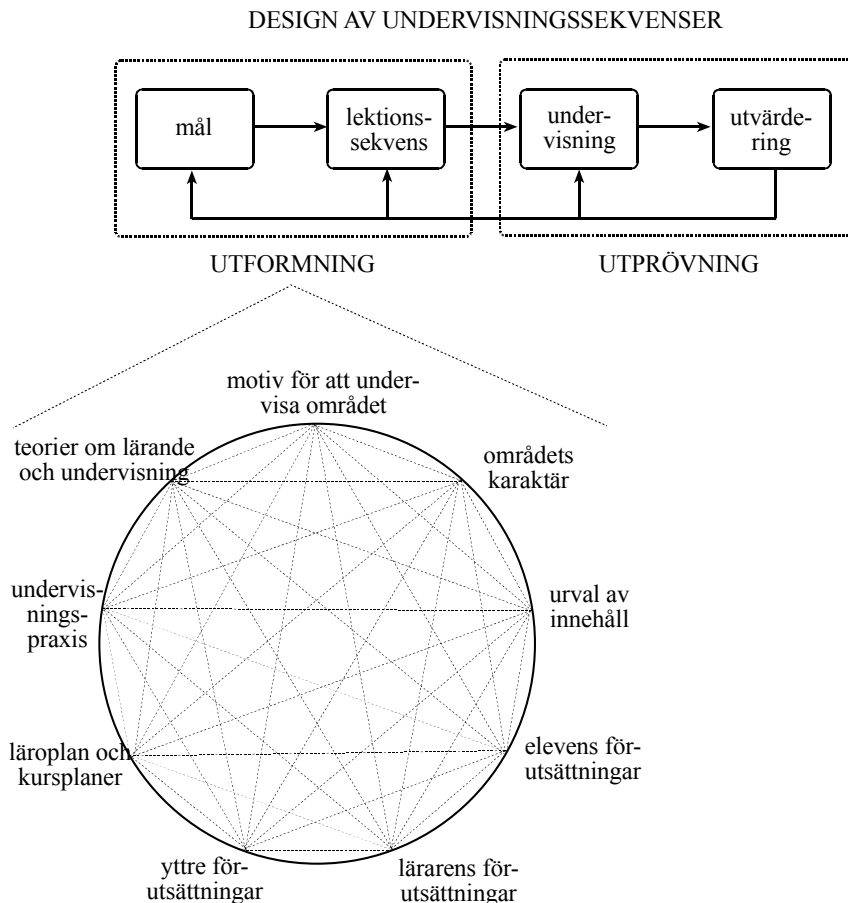
I detta kapitel aktualiseras den första av avhandlingens frågeställningar: 'Hur kan en undervisningssekvens i evolutionsteori som bygger på vetenskaplig grund och beprövad erfarenhet se ut?' Även om underlaget till detta kapitel i huvudsak härrör från exp3, bygger sekvensen på de två tidigare experimenten eftersom vi i projektet arbetade i en cyklisk process enligt figuren som inleder avhandlingens olika delar. Då vi utformade undervisningen till exp1 och exp2 hade vi inte explicit det jag nu kallar en ämnesdidaktisk hypotes. Vi utgick från de litteraturstudier vi gjort om elevers idéer och undervisning i evolutionsteori (se kapitel 3 och 4; de som var publicerade då) och vår egen beprövade erfarenhet. Mellan exp1 och exp2 hade våra analyser enbart gällt våra egna elevers uppfattningar om evolution utifrån förtest. Mellan exp2 och exp3 utförde vi analyser av elevers kunnande och hade en ämnesdidaktisk hypotes inför designarbetet även om vi inte kallade den så vid denna tidpunkt.

Kapitlet inleds med en beskrivning av våra utgångspunkter därefter redogörs för designprocessen där lektionssekvensen och undervisningen presenteras.

6.1 Utgångspunkter

Designprocessen delas in i en utformningsfas och en utvärderingsfas enligt figur 6.1. Under exp3 genomfördes utformningen av lektionssekvensen mer systematiskt och strukturerat än vid de två tidigare experimenten. Först diskuterade vi i projektgruppen undervisningssekvensens innehåll i stort och övergripande mål formulerades. Därefter utformades lektion för lektion. Läraren gjorde först ett förslag på lektionens innehåll och genomförande. Sedan träffades projektgruppen inför varje enskild lektion och diskuterade utformningen. Diskussionen spelades in på ljudband och under denna utvärderades också föregående lektion formativt både med hänsyn till pågående och kommande undervisning.

Efter varje lektion utvärderade läraren lektionen direkt genom att tala in på ljudband. Därefter utvärderade jag som observatör samma lektion på bandet. Detta användes vid planeringen av nästa lektion. Eleverna utvärderade också varje lektion genom att skriva loggböcker. Även dessa utvärderingar användes formativt.



Figur 6.1. Design av undervisningssekvenser genom utformning och utprovning. De olika aspekter som beaktas och interagerar vid utformningen av lektionerna i sekvensen anges på cirkelns periferi. (Delvis omformulerad efter Andersson, Bach et al, 2003)

Hela undervisningssekvensen består av 9 lektionstillfällen av något varierande längd, ett tillfälle för prov och ett för återlämning av detta samt elevutvärdering av hela sekvensen. Tillsammans utgör de 9 olika lektionerna en sammanhängande sekvens på cirka 13 klocktimmar.

6.2 Utformningsfasen

Resultatet av utformningsfasen är en detaljbeskrivning av varje lektion i sekvensen. I denna avhandling redovisas min sammanfattning av lektionerna från exp3, som bygger på lärarens lektionsbeskrivningar samt mina observationer och fältanteckningar.

Vad säger kursplanen?

Undervisningen som ligger till grund för detta avhandlingsarbete har utförts på gymnasiet naturvetenskapliga program i kursen Biologi A. Kursen redovisas i styrdokumentet 'Läroplan för gymnasieskolan Lpf94' (Skolverket,

1999; 2000) under kursplaner. Skrivningens lydelse har förändrats under denna studies gång på grund av nya program mål och kursplaner, men hela tiden har evolutionens centrala plats inom biologin varit tydlig (figur 6.2).

Ämnet: Biologi (SKOLFS 2000:19)

Ämnets syfte:
Utbildningen syftar även till att ge sådana kunskaper som stimulerar till ett aktivt deltagande i samhällsdebatten utifrån ett biologiskt perspektiv. Däri ingår att fördjupa kunskapen om de evolutionära processer som ligger till grund för organismernas mångfald och släktskap liksom kunskapen om vad som krävs för en ekologisk hållbar utveckling.

Ämnets karaktär och uppbyggnad:

- *Biologi är läran om livet, dess uppkomst, utveckling, former och betingelser*
- *Biologiämnet behandlar såväl den biologiska organisationen som växelverkan mellan och inom nivåerna. Evolutionsteorin är grundläggande vid studiet av denna växelverkan*
- *Teorier om livets uppkomst och utveckling påverkar människans syn på sig själv som människa och biologisk varelse*

I ämnet biologi finns nio kurser:
Biologi A presenterar naturvetenskapliga teorier om livets uppkomst och utveckling. Artsammansättningen i ett ekosystem liksom organismernas beteende belyses utifrån ett evolutionärt perspektiv. I kursen studeras arvets och miljöns relativa betydelse för individens egenskaper.

Kursen: Biologi A

Mål som eleverna skall ha uppnått efter avslutad kurs
Eleven skall:

- *ha kunskap om betydelsen av organismers beteenden för överlevnad och reproduktiv framgång,*
- *ha kunskap om naturvetenskapliga teorier rörande livets uppkomst och utveckling*

Figur 6.2 Syfte och mål i kursplanen för ämnet biologi och kursen Biologi A. Urval utifrån biologisk evolution.

I målen poängteras att eleverna ska ha kunnande i naturvetenskapliga teorier om livets utveckling, vilket medför motiv för att dessutom undervisa om naturvetenskapens karaktär. I betygskriterierna (Skolverket, 2003) framskrivs biologiska begrepp, modeller, hypoteser samt teorier på ett sätt att det tydligt framgår att de ska kunna användas. Dessutom finns följande betygskriterium redan på nivån godkänt:

Eleven skiljer på naturvetenskapliga och andra sätt att skildra verkligheten.

Mål

Det övergripande målet för undervisningssekvensen var oförändrat genom de tre experimenten och i fokus står evolutionsteorin. Passmore och Stewart (2002) beskriver sin syn på naturvetenskapliga modeller:

*... We recognize that our meaning of model is but one of several that occurs in the science education literature. For example, the term **model** is used to describe (among other things) physical replicas of objects or systems. This use would include, for example, a space-filling molecular model made of plastic as well as the material globes and light bulb that make up a classroom 'model' of the solar system. The term **model** is also used to refer to representational systems (such as maps or diagrams), as well as mathematical algorithms of formulas /.../ In our view, a scientific model is a set of ideas that describe a natural process. A scientific model (constructed of **objects** and the **processes** in which they participate) so conceived can be mentally 'run', given certain constraints, to explain or predict natural phenomena. It is this way that scientific models are desirable products of scientific research and useful as guides to future research.*

Denna definition stämmer väl med den vi har använt av evolutionsteorin vid skapandet av undervisningssekvensen. Deras synsätt stämmer också med den metafor för undervisning och lärande som jag beskrev i bakgrunden utgående från Poppers tre världar (Bereiter, 2002). Evolutionsteorin är en produkt i Värld 3 som eleverna under undervisningen ska lära sig genom att bygga upp ett kunnande i Värld 2 för att förklara fenomen i Värld 1.

Målet är alltså att eleverna ska lära sig evolutionsteorin så att den blir ett intellektuellt verktyg. De ska bli kapabla att använda den för att förklara och i viss mån förutsäga biologiska fenomen i nya sammanhang. Målet innebär också att eleverna ska kunna skilja mellan alternativa idéer och idéer som stämmer överens med evolutionsteorin. Varje lektion har sitt specifika mål, alla underställda det övergripande målet.

Trots att undervisningssekvensen är en del av en avancerad biologikurs på gymnasienivå väljer vi att lägga tyngdpunkten på de basala evolutionsbegreppen. Både erfarenhet och forskning visar att många elever och studenter även efter undervisning inte har förstått evolutionsteorin på ett sådant sätt att de kan använda den i nya sammanhang (t.ex. Jungwirth, 1975; Brumby, 1981, 1984; Halldén, 1988; Bishop & Anderson, 1990; Demastes, Settlage et al., 1995; Sinclair et al., 1997). Detta gäller alla skolstadier och även universitetsnivå.

Lektionssekvens

Undervisningssekvensen bygger på vetenskaplig grund dels genom att den naturvetenskapliga evolutionsteorin står i fokus och dels genom att forskningsresultat avseende följande punkter ingår:

- elevers olika sätt att förstå, och resonera om evolution
- elevers olika uppfattningar av naturvetenskapens karaktär
- teorier om lärande och undervisning
- tidigare studier av undervisningssekvenser i naturvetenskap mer allmänt och i evolutionsteori i synnerhet

Vid sidan om forskning bygger sekvensen också på beprövad erfarenhet. Vi som ingår i projektet är alla tre erfarna lärare som tidigare undervisat i evolutionsteori i både grund- och gymnasieskolan (undervisningspraxis, figur 6.1). Under projektet diskuteras och problematiseras vårt eget kunnande i evolutionsteori och vår ämnesdidaktiska kompetens (lärarens förutsättningar, figur 6.1). Yttre förutsättningar (figur 6.1), som också ofta benämns ramfaktorer, ingår också i projektgruppens diskussioner och båda de undervisande lärarna är välinformerade och har mångårig erfarenhet av undervisning på de aktuella skolorna.

Eleverna använde läroboken 'Biologi 1 med naturkunskap för gymnasieskolan' (Karlsson, Krigsman, Molander & Wickman, 1994). Dessutom studerade vi andra läroböcker (bl.a. BSCS, 1992). Inom Project 2061 'Science for All Americans' (AAAS, 1990; 1993; 2003) finns evolution väl framskrivet. I den del som kallas 'Benchmarks' (AAAS, 1993; 2003) finns förslag på lämpligt undervisningsinnehåll från förskola till gymnasium. Dessutom har en bok med titeln 'Teaching about evolution and the nature of science' (NAS, 1998) skrivits med ovanstående dokument som bas. Förutom läroböcker använde vi andra läromedel t.ex. videofilmer, internet, kortare elevtexter, rollspel, planscher och annat biologiåskådningsmaterial. Undervisningsmaterial tillverkades också av projektgruppen.

Med litteraturstudier av elevers kunnande om evolutionsteorin som bas undersökte vi våra egna elevers förutsättningar (figur 6.1) med hjälp av ett förtest. Resultatet från detta sammanställdes på gruppnivå och användes vid lektionsplaneringarna. Viktigt för sekvensens utformning är att kunnande rörande punkterna ovan får interagera med kunnande i evolutionsteori.

Hur undervisa i evolutionsteori?

Som redovisats i litteraturgenomgången i bakgrunden har forskning visat att undervisning i evolutionsteori ofta inte når de mål som önskas vad gäller elevers lärande och kunnande. Det fanns dock resultat som gett oss en del att bygga vidare på, till exempel att evolutionsundervisning måste få ta tid och elever behöver få applicera teorin i många olika sammanhang för att lärande ska bli möjligt överhuvudtaget. Dessutom visade Jiménez-

Aleixandre (1992) att diskussioner av olika idéer både de alternativa, elevernas egna och de vetenskapliga måste föras explicit i klassrummet. Hennes experimentgrupp lyckades bättre än kontrollgruppen och den stora skillnaden mellan grupperna var att experimentgruppen förde dessa diskussioner både i smågrupper och i helklass.

Forskningsbaserade undervisningsstrategier

Begreppförändringsmodellen som vi använt i vår teoretiska plattform säger inget om hur undervisning ska bedrivas, men utifrån denna har rekommendationer utformats (Hewson et al., 1998). Modellen har reviderats på grund av kritik bland annat för att inte ta med aspekter som motivation, intresse och sociala sammanhang (Strike & Posner, 1992; Pintrich et al., 1993). Vid utformningen av undervisningen diskuterade vi och tog hänsyn till sociala aspekter samt lade ner möda på att försöka skapa en intressant undervisning. Målet är att eleverna ska uppleva undervisningen som så pass intressant att de gärna deltar i diskussioner och att de önskar lära mer. Lärande hos individen befrämjas av en miljö där både klasskamrater och lärare har en stor betydelse. Inom flera olika perspektiv på lärande hävdas att det är vid jämförelser av olika idéers förklaringsvärde som lärande sker (t.ex. Hewson, 1981; Hewson et al., 1998; Hewson & Lemberger, 2000; Marton & Booth, 2000). Det gäller t.ex. då elevernas olika idéer diskuteras och blir ett undervisningsinnehåll. Diskussioner i olika konstellationer kan vara helt avgörande för individens möjligheter att lära (Jiménez-Aleixandre, 1992). Ett utmärkande drag för vår undervisningssekvens är därför de många olika diskussionerna. Läraren strukturerar dessa med avseende på form, innehåll, tidpunkt, gruppstorlek och material. Förutom den mänskliga miljön inverkar i hög grad texter, bilder och andra hjälpmedel av olika slag.

Ytterligare en viktig anledning till det stora antalet diskussioner är att eleverna behöver utveckla ett språk som möjliggör resonering om evolutionära fenomen både med andra personer och med sig själv (Vygotsky, 1986; Lemke 1993; Leach & Scott 2003). Detta anser vi dessutom vara av stor betydelse för den långsiktiga behållningen. I själva undervisningssituationen påbörjas detta genom att så fort något nytt begrepp införs får eleverna några minuter på sig att tillsammans med dem som sitter närmast i klassrummet diskutera det nya begreppet och 'smaka' på det direkt. Att formulera termen för begreppet utgör starten på en möjlig begreppsbyggnad, vilket framhölls av t.ex. Vygotsky (1986).

Ett kunskapsområde som påverkar undervisningssekvensens utformning är den forskning som studerat elevers alternativa idéer om evolution. Dessa idéer används på många olika sätt. Ett är att vi genom ett förtest tar reda på

elevernas förförståelse. Genom att använda resultatet i förtestet i planering och undervisning blir både lärare och elever medvetna om elevernas egna idéer i evolutionsteori. Kunskaper om elevuppfattningar används också för att formulera uppgifter till test och diskussioner. Forskning har visat att det är viktigt att de olika idéerna som eleverna har om evolutionsteorin görs explicita i klassrummet.

I diskussionerna medvetandegörs eleverna om olika idéer som förklaringar av evolutionära fenomen – deras egna, deras klasskamraters, kända alternativa och vetenskapens ståndpunkt. Under dessa diskussioner ingår naturvetenskapens karaktär som ett återkommande undervisningsinnehåll. De olika idéerna får sedan visa sitt förklaringsvärde i olika kontexter. Genom denna artikulation och kritiska granskning finns möjlighet för eleverna att uppleva variationen i förklaringsvärde bland idéerna.

Bishop och Anderson (1990) visar att eleverna är omedvetna om att evolutionsteorin består av åtminstone två olika processer – den slumpmässiga som ger upphov till genetisk variation och den inte slumpmässiga urvalsprocessen. På grund av detta koncentrerades de första lektionerna på uppkomsten av genetisk variationen samt på att medvetandegöra eleverna om den befintliga variationen i populationer. Tanken var att skapa underlag för att införa naturligt urval utifrån befintlig variation.

Det evolutionära tidsspännet är så stort att det blir abstrakt och svårt att omfatta. Men att inse denna oerhörda tidsrymd är nödvändigt för att förstå konsekvenserna av evolutionsteorin (t.ex. Brumby, 1981; Keown, 1988; Good et al., 1992; Cummins et al., 1994). Vi använde både lektionstid och hemuppgifter för att bearbeta på denna svårighet.

Förståelse i evolutionsteori förutsätter ett vetenskapligt tankesätt som skiljer sig i avgörande grad från vardagstänkandet. Det är därför nödvändigt att använda väl tilltagen undervisningstid för tillämpning av teorin i många olika sammanhang. Flera författare påpekar att elever och studenter oftast inte får detta (t.ex. Jensen & Finley, 1995; 1996; Demastes et al., 1996; Sinclair et al., 1997). Den tid som sekvensen i denna studie utnyttjar är förhållandevis lång jämfört med många andra studier (Jensen & Finley, 1995, 1996; Demastes, Settlage et al., 1995).

Vår syn på lärande som både ett individuellt och ett socialt fenomen medför att vid sidan av de många olika diskussionerna så ingår i undervisningssekvensen även individuella uppgifter. Förutom vanliga test, individuella problemlösningsuppgifter, läsning av olika texter m.m. ingår en specialkonstruerad internetuppgift där eleverna steg för steg måste avgöra om de-

ras tidigare förklaring fortfarande gäller eller om de måste komplettera sitt resonemang. Denna aktivitet innehåller ett stort inslag av metakognition (kapitel 10).

Lärorollen

Läraren har en central och viktig roll. Han/hon ska inte bara skapa ett öppet och vänligt klassrumsklimat som inbjuder eleverna till att dela med sig av sina egna idéer utan även introducera och stödja de vetenskapliga idéerna. Det är därför viktigt att läraren visar att alla bidrag till resonemang om evolutionsteorin tas på största allvar. Dock överlämnas mycket av ansvaret för att avgöra vilka idéer som har störst förklaringsvärde till eleverna själva. De tillåts avgöra detta på basis av det värde de anser att de olika idéerna visar sig ha i klassrummets diskussioner och i de egna studierna, snarare än på basis av lärarens auktoritet. Vi tror att ett sådant eget och medvetet avgörande befrämjar långsiktig behållning av kunskanden.

Som sades ovan har läraren en central roll, vilket innebär att han/hon ger föreläsningar, gör viktiga repetitioner och sammanfattningar, leder helklassdiskussioner, initierar olika aktiviteter och gruppdiskussioner, ger återkopplingar på diskussioner, problemlösning och loggböcker. Eleverna informeras om målen för kursen och ges möjlighet att till viss del påverka planeringen. Alla aktiviteter planeras och genomförs med undervisningens mål i fokus. Även om läraren har en central och betydelsefull roll innebär detta på intet sätt att eleverna är passiva. Tvärtom, de är aktiva hela tiden. De diskuterar de nya begreppen, de bygger upp evolutionsteorin, de löser problem, de arbetar med laborationsuppgifter, rollspel, texter m.m. Läraren bjuder på så sätt in eleverna att delta i den naturvetenskapliga diskussionen där dess begrepp och idéer används.

En ämnesdidaktisk hypotes för undervisning i biologisk evolution

Den ämnesdidaktiska hypotes vi hade då undervisningen i exp3 startade redovisas här och de domänspecifika aspekterna presenteras. Den var inför undervisningen i exp3 implicit formulerad och benämningen har valts först senare. Dess domänspecifika aspekter hade utvecklats genom litteraturstudier och genom erfarenheterna från de två tidigare undervisningssekvenserna i exp1 och exp2, och prövades nu i och med undervisningen i exp3. Resultaten i avhandlingen används för att generera en vidareutvecklad hypotes, som presenteras i slutet av avhandlingen och där ingår även aspekter som rör naturvetenskapens karaktär och generella aspekter. De idéer angående sådana som var aktuella inför exp3 har beskrivits tidigare i detta avsnitt.

Om följande aspekter beaktas i undervisningen antas att eleverna har goda möjligheter att lära och förstå biologisk evolution inklusive evolutionsteorin. Detta är alltså aspekter som är specifika för det aktuella innehållet.

Domänspecifika aspekter inför undervisningen i exp3

1. Det klargörs att evolution i naturvetenskapen betraktas om ett historiskt faktum, livets uppkomst diskuteras och evolutionär tid konkretiseras.
2. Evolutionsprocessen delas upp i två delprocesser, dels uppkomst av variation i ärftliga egenskaper, dels naturligt urval.
3. Det betonas att endast den förstnämnda processen är slumpmässig, inte naturligt urval.
4. Befintlig variation diskuteras och så mycket genetik införs som behövs för att få en idé om hur likheter och olikheter uppkommer.
5. Evolutionsteorin introduceras, diskuteras och används. I diskussionerna medvetandegörs eleverna om olika idéer som förklaringar av evolutionära fenomen – deras egna, deras klasskamraters, kända alternativa och vetenskapens ståndpunkt.
6. De olika organisationsnivåer som resonemangen om evolution gäller görs explicita.
7. Teorin om evolution genom naturligt urval används för att förklara livets utveckling, artbildning, sexuell selektion, samevolution, etologi, m.m.

6.3 Utprövningsfasen

Utformningsfasen gav upphov till en lektionssekvens som jag tillsammans med hypotesen ovan ser som ett preliminärt ämnesdidaktiskt forskningsresultat. De domänspecifika aspekterna som utgör hypotesen för undervisning i biologisk evolution operationaliseras i lektionssekvensen, som redovisas nedan. Undervisningen utvärderades på flera olika sätt. Elevernas och observatörens upplevelser av sekvensen undersöktes (i detta kapitel) liksom elevernas kunskande och utvecklingen av detta (kapitel 7, 8, 9, 10 och 11).

Under exp2 och exp3 observerade jag samtliga lektioner i klassrummet. Under dessa förde jag fältanteckningar, som löpande text med tidsangivelser. Anteckningarna innehåller beskrivningar, citat från lärare och elever, kommentarer till olika lektionsinnehåll och tolkningar av elevernas möjligheter att lära i evolutionsteori. Dessutom videofilmades lektionerna, men ingen ingående analys har gjorts av dessa (åtminstone inte ännu) utan de

finns för eventuell kontroll. Observationerna utfördes för att utvärdera själva undervisningen och studera elevernas möjligheter att lära evolutionsteorin.

För att få underlag till analys av elevernas egna upplevelser av undervisningssekvensen lät vi de 18 eleverna i exp3 skriva i loggböcker efter lektionerna 3, 4, 6, 8 och 9 samt en slutkommentar i samband med att provet återlämnades. Eleverna ombads reflektera över lektionernas innehåll, över vad de lärt sig, över sitt sätt att tänka om evolution och hur de upplevde lektionen, men i övrigt fick de uttrycka sig fritt. Läraren kommenterade elevernas loggboksanteckningar endast på gruppnivå vid lämpliga tillfällen under följande lektioner. I loggböckerna markerade läraren genom sin signatur att han läst elevens anteckningar. I övrigt gavs inga skriftliga kommentarer.

Undervisning

Nedan följer en kort beskrivning av de olika lektionerna i undervisningssekvensen i exp3. Varje lektionsbeskrivning avslutas med kommentarer baserade på mina fältanteckningar och på elevernas loggböcker.

Lektion 1: Grundläggande genetik, uppkomsten av variation (120 minuter)

Lektionens specifika mål: Eleverna ska förstå att den genetiska variationen uppkommer genom mutationer och omkombinationer samt att det i populationer finns en befintlig genetisk variation.

Lektionen inleddes med frågan:

Varför finns det myggor?

Eleverna diskuterade en stund varefter frågan lämnades så att säga hängande i luften.

Under introduktionen gavs eleverna ett historiskt perspektiv på det som ska bli kursens innehåll. Genom denna vetenskapshistoriska inledning fick de en liten inblick i hur naturvetenskaplig kunskap i allmänhet tillväxer och då speciellt hur idéer om evolution har utvecklats. Det poängterades att vetenskaplig kunskapsbildning utgör en dynamisk utvecklingsprocess där innehållet diskuteras och kritiskt granskas av vetenskapssamhället. En poäng med detta är att eleverna ska bli medvetna om att naturvetenskaplig kunskap inte bara finns att upptäcka och hämta i naturen. Läraren påpekade också sådant som naturvetenskapen inte kan säga något om t.ex. Guds existens, eftersom dess metoder inte fungerar för att pröva detta. Eleverna in-

bjöds att under undervisningssekvensen få möjlighet att lära sig den naturvetenskapliga förklaringsmodellen om livets uppkomst och utveckling.

Därefter gav läraren en föreläsning i grundläggande genetik. En genomgång gavs av DNA, gener, kromosomer, omkombinationer av genetiskt material och mutationer. Ärftlighet diskuterades med fokus på likheter och olikheter. Syftet med detta är att ge en molekylär förklaring till uppkomsten av genetisk variation, där mutationer och omkombinationer utgör själva mekanismerna.

Det är viktigt för förståelsen av evolutionsteorin att ha en klar uppfattning om att i alla populationer finns en befintlig variation. För att eleverna skulle erfara variation genomfördes 'jordnötsspelet'. Eleverna studerade en population av individer, representerade av oskalade jordnötter, och fick öva på att beskriva deras morfologiska egenskaper i detalj. De 'adopterade' en egen nöt och beskrev den så noggrant de kunde. Sedan blandades alla nötter och det gällde för eleven att hitta sin nöt. Därefter skulle en kamrat hitta nöten på basis av den beskrivning eleven gjort. Syftet med denna övning är alltså att belysa att det finns befintlig variation i en population även då individerna upplevs som nästan identiska.

Nästa punkt i lektionen var en strukturerad smågruppsdiskussion om variationens uppkomst. Grupperna fick i uppgift att kommentera och diskutera de fyra alternativen till flervalssuppgiften om variationens uppkomst (se appendix 1) och de ombads försöka enas om ett av dessa. De fick därefter studera klassens förtestresultat på gruppnivå på denna flervalssuppgift i form av ett diagram.

Utdrag ur loggböcker

Elevernas förförståelse i genetik varierade i gruppen:

Elev 180: *Genetik är annars en bra sida hos mig tack vare ett arbete jag gjorde i 9:an, så där är inget nytt!*

Elev 182: *Genetik var ganska nytt för mig, har inte läst nånting om det i 9:an.*

Utdrag ur fältanteckningar

Genetikmomentet av undervisningen gav mycket information på kort tid, en repetition vid nästa lektion är nödvändig. Under gruppdiskussionerna om variationens uppkomst visade det sig att åtminstone några elever uppfattar mutationer mer eller mindre endast som makromutationer. Vid helklassdiskussionen direkt efter gruppdiskussionerna om variationens uppkomst framkom att grupperna övergett svarsalternativen 'Levande organismer strävar efter att utvecklas' och 'Det behövs stor variation för att få ba-

lans i naturen'. De alternativ som grupperna enades om var 'Egenskaperna uppkom när de behövdes' och 'Det har skett slumpvisa förändringar av organismernas arvs massa'. Två grupper var helt överens om mutationsalternativet och de tre övriga grupperna hade inte enats helt utan hade med både behovs- och mutationsalternativen. De hade alltså övergivit de alternativa idéerna om 'strävan' och 'balans'.

Lektion 2: Tid i ett evolutionärt perspektiv (80 minuter)

Lektionens specifika mål: Eleverna ska på olika sätt erfara samt få en uppfattning om den oerhörda tidsrymd under vilken evolutionen verkat.

Lektionen inleddes med en repetition av den grundläggande genetiken med fokus på egenskap, polygeni, likhet, olikhet, omkombinationer och mutationer. Huvudtemat för lektionen var tid i ett evolutionärt perspektiv. För att ge eleverna en uppfattning om detta tidsintervall genomfördes en aktivitet där de använde skolkorridoren på 62 meter som en tidsaxel, 4600 miljoner år, och på väggarna satte de upp postrar med viktiga evolutionära händelser. Vid genomgången promenerade klassen gemensamt längs korridoren och vid varje poster berättade ansvariga elever om 'sin' evolutionära tidsepok och vad som skiljer den från föregående.

Vid återsamlingen i klassrummet belyste läraren vilket stort tal en miljard är genom att omvandla sekunder till minuter, dagar och år. På tavlan skrev han 1 000 sekunder = 17 minuter; 1 000 000 sekunder = 12 dygn och 1 000 000 000 sekunder = 32 år. Detta moment infördes för att förstärka upplevelsen av den enorma evolutionära tidsrymden.

Efter en repetition och diskussion av variationens uppkomst bildade eleverna spontant smågrupper och diskuterade uppgifter om variation i olika populationer. Populationerna exemplifierades av strömmingar och prästkragar (Landström, 1995; Zetterqvist, 1995). Eleverna avgjorde om de ansåg att det fanns variation i olika egenskaper i dessa populationer och i så fall vilka egenskaper. Därefter fick de resonera om orsaker till den eventuella variationen.

Utdrag ur loggböcker

Fler än hälften av eleverna kommenterade tidsaxeln i korridoren. De flesta var positiva till aktiviteten både ur upplevelse- och lärandeperspektiv:

Elev 192: Korridorspringet var käckt. Mest för tidsuppfattningen. Det har nämligen inte jag. Räkna sekunder också.

Elev 183: Korridoren var bra o lärorik! Även om det kanske är lite svårt att komma ihåg allt runt omkring, men deras principer finns kvar! I huvudet!

En av eleverna var dock lite negativ till uppgiften, men har en överseende attityd:

Elev 195: Att vi gick ut i korridoren och pratade, tycker jag att vi inte hade behövt göra, kunde ha gått igenom det på tavlan men det kan vara så att du behöver lite vila ibland.

Några få elever kommenterade övningen om variation i populationer. Denna elev förstår att det finns variation i så gott som alla populationer (arter):

Elev 184: Vi skulle åå skriva ner vad det kunde finnas för skillnader mellan olika prästkragar och skillnader mellan olika strömmingar. Nu insåg man att skillnaderna i princip var lika för alla arter ...

Elev 187 brottas med att acceptera slump:

Elev 187: Även jag lärt mig att alla arter skiljer sig från varandra och de är alla olika. Även att djur som av slumpen har förändrats lyckades överleva. Men än jag vill inte tro att allt är slump. Ty om allt är en slump kan jag inte frångomma tanken på alla arter som dött ut. Än jag vill tro att varelsena utvecklas för att förbättra sig, för att överleva. Att inte slumpen avgör hur arten går framåt. Av slump få lyckas överleva med syfte fler. Osäkrare jag är. Men vad jag ser, har vi, människan inte utvecklats på annat sätt för att överleva eller ändrar vi omvärlden för att överleva. Så det kan vara ty vi dödar jorden för vår överlevnad. Då vi dödar oss själva.

Utdrag ur fältanteckningar

Genetikrepetitionen gav eleverna en ytterligare möjlighet att reda ut eventuella missförstånd och oklara uppfattningar. Dessutom fick läraren en möjlighet att klargöra vissa begrepp som under diskussionen i projektgruppen befunnits varit oklara vid förra lektionen.

Eleverna arbetade mycket ambitiöst, intresserat och koncentrerat med lektionens uppgifter. Vid smågruppsdiskussionerna grep de sig an uppgifterna direkt och diskuterade livfullt.

Lektion 3: Gemensamt ursprung och livets uppkomst (90 minuter)

Lektionens specifika mål: Eleverna ska förstå gemensamt ursprung, artbildning och utdöende utifrån en stamträdsmodell.

Den evolutionära utvecklingen illustrerades med hjälp av en stamträdsmodell och utifrån denna diskuterades bland annat gemensamt ursprung, artbildning och utdöende. Människans evolutionshistoria fick exemplifiera stamträdsmodellen och hur ett sådant konstrueras och vad som illustreras. Därpå följde en smågruppsdiskussion där eleverna fick i uppgift att i punktform anteckna utifrån frågan 'Hur uppkom liv?'. Sedan gjordes en helklassgenomgång där samtliga gruppers resultat sammanfattades. Efter detta gick läraren igenom förutsättningarna som fanns för livets uppkomst i dis-

kussion med hela klassen. Eleverna fick sedan i uppgift att till nästa lektionstillfälle studera en hemsida om livets uppkomst (Naturhistoriska museet och Utbildningsförvaltningen, 2004).

Lektionen avslutades med en strukturerad smågruppsdiskussion som utgjorde förberedelse inför nästa lektion, som kom att behandla naturligt urval. Uppgiften grupperna fick var följande:

Giraffernas förfäder hade korta halsar, idag har de långa halsar. Hur har det gått till?

Varje gruppmedlem fick i uppgift att sammanfatta vad de kom fram till i gruppen. Därefter omorganiserades grupperna och ett ytterligare diskussionstillfälle skapades varefter följde en gemensam helklassgenomgång. Denna avslutades med vad grupperna kommit fram till utan att läraren gjorde några tillägg eller kommentarer.

Eleverna fick i hemläxa en text som beskriver de evolutionära resonemang som fördes av Lamarck, Darwin och Wallace (NAS, 1998 översatt till svenska av lärare A).

Utdrag ur loggböcker

Några elever kommenterade genomgången av stamträdsmodellen exemplifierat med människans utveckling och en tredjedel skrev om diskussionerna om livets uppkomst:

Elev 192: Om livets uppkomst diskuterade vi ju en hel del. Jag har faktiskt aldrig tänkt på var den första cellen kom ifrån. Konstigt! Varför skulle bakterierna komma fortare på Mars? Vi verkar ju ha ett behagligare klimat. Människans utveckling är också lite konstig. Varför har de flesta däggdjur päls, medans våran försvann. Då behövde vi ju skaffa egna kläder. Det är ju bara bökigt. Det är väl det jag har lärt mig idag + lite konstiga ord och förklaringar, som alltid. Fast jag har inte riktigt kläm på de olika tidsåldrarna, varför tog det t.ex. så lång tid för bakterierna att bilda en kärna? Det var kanske onödigt och i vägen. Jag fattar inte Big Bang heller.

Elev 195: Tycker att jag har lärt mig betydligt mer än innan lektionen. Jag har fått andra tankar om livets uppkomst än de jag hade, trodde på förut.

Knappt en tredjedel av elever kommenterade smågruppsdiskussionerna om hur giraffen har fått sin långa hals:

Elev 185: Vi pratade/diskuterade om varför giraffer hade så långa halsar. Kom fram till att det var för att de klarade sig bättre med långa halsar.

Utdrag ur fältanteckningar

Under diskussionerna om livets uppkomst blev det en mycket givande diskussion i vetenskapsteori, där en elev vid ett tillfälle replikerar med: 'Varför

lär du oss då att Gud inte finns?'. En fråga som gav läraren ytterligare en chans att vidareutveckla att naturvetenskapen inte kan besvara sådana frågor. Även under denna lektion diskuterade eleverna givna uppgifter engagerat och intresserat. Vid gruppdiskussionerna om giraffhalsar uttrycker sig en elev så här: 'Allt handlar om slump!'. Detta är en ypperlig startpunkt för nästa lektion som handlar om naturligt urval. Slutkommentar i fältanteckningarna: 'Toppenlektion'.

Lektion 4: Naturligt urval (80 minuter)

Lektionens specifika mål: Eleverna ska utifrån befintlig variation förstå naturligt urval.

Nu när variationens uppkomst och befintlig variation har varit en stor del av innehållet i de tre första lektionerna är tiden mogen för att diskutera naturligt urval.

Lektionen inleddes med en strukturerad gruppövning baserad på hemläxans text om Lamarck, Darwin och Wallace. Eleverna instruerades i ett rollspel som inleddes med att de delades in i tre grupper där första gruppen skulle diskutera sig samman till att bli säkra och övertygade 'Lamarckister', andra gruppen 'Darwinister' och tredje gruppen 'Wallaceister'. De skulle enas om hur deras 'forskare' skulle ha förklarat hur giraffen fick sin långa hals. Efter detta splittrades de homogena grupperna och nya grupper om sex elever bildades där de olika gruppmedlemmarna företräder olika 'forskare' (två av varje). Därpå uppmanades eleverna diskutera med varandra om giraffens långa hals.

Efter rollspelet gjorde läraren en genomgång av Lamarck, Darwin och Wallace och deras sätt att resonera om evolutionära händelser. Därpå gick genomgången över på diskussion om evolutionens två processer; den slumpmässiga om variationens uppkomst som leder till befintlig variation i populationer och den icke slumpmässiga om naturligt urval. Här användes det klassiska björkmätarexemplet (t.ex. Ridley 1996) för att illustrera de båda processerna.

För att befästa förståelsen av begreppet naturligt urval genomfördes olika aktiviteter. Först engagerades eleverna i 'gemspellet' där eleverna var fåglar som fångar snäckor (gem) i en brokigt färgad miljö (en pappskiva). Jagandet skedde i första hand med hjälp av synen. Gemen har olika färg. En del syns väl och minskar märkbart i antal efter en jakt, andra har bra kamouflagefärg och överlever. De överlevande gemen reproducerar sig och avkomman ärver föräldrarnas färg. Efter tre generationer har den i denna miljö

fördelaktiga egenskapen kamouflagefärg ökat i frekvens i populationen. 'Gemspelet' har vi vidareutvecklat efter en aktivitet beskriven av Maret och Rissing (1998). Resultatet efter tre generationer jämförs senare med resultatet från andra bakgrundsmiljöer (annan färgkombination på pappskivan) och efter en process där stockar (linjaler) krossar snäckor.

Lektionen avslutades med en genomgång av riktat och stabiliserande urval och en helklassdiskussion om evolutionära förändringar i olika miljöer.

Till sist lämnades loggboken tillbaka och läraren gav kommentarer på gruppnivå. Eleverna skrev nya anteckningar om dagens lektioner.

Utdrag ur loggböcker

Två tredjedelar av eleverna kommenterade rollspelet. Av dessa finns både positiva och negativa kommentarer:

Elev 193: Vi började lektionen med att bilda grupper och diskutera 'giraffteorierna'. Lamarck, Darwin och Wallace var de tre snubbarna som hade olika teorier om varför giraffer hade lång hals. Det var bra att vi diskuterade detta eftersom man hör de andra åsikterna och kanske börjar fundera på om man ska ändra sin teori.

Elev 182: Diskussionen om Darwin, Wallace och Baptiste var ganska onödig eftersom man bara läste upp det som stod i häftet. Kunde faktiskt utnyttjat tiden lite bättre där.

'Gemspelet' gjorde intryck på eleverna eftersom alla utom en kommenterade det. De flesta var positiva till spelet och ansåg att de lärde sig något genom det men två elever var negativa:

Elev 179: Spelet idag fattade jag inte riktigt i början, men jag fattade sedan snabbt. ...Det går in i hjärnan bättre om man får tänka och göra saker själv istället för att bara sitta och lyssna, då det är lätt när man är trött att börja tänka på annat. Idag har jag lärt mig nya saker!.

Elev 198: Det var intressant att spela spelet, att se om det man läser stämmer i verkligheten.

Elev 180: Ang. spelet... men jag tror inte vi lärde oss något på det - men tanken var god.

Knappt hälften av eleverna kommenterade genomgången om riktat och stabiliserande urval:

Elev 185: De olika urvalen förstod man ganska lätt med hjälp av de olika diagrammen som vi ritade på tavlan 'Ta vara på de ovanliga.'

Utdrag ur fältanteckningar

En lektion som gick mer eller mindre helt efter planeringen. Jag har få kommentarer i fältanteckningarna. Det blev dock uppenbart för eleverna

under själva lektionen att läraren läst loggböckerna, genom att han tog upp exempel från dessa och gjorde ytterligare klargöranden för eleverna. Eleverna skrev efter detta under tyst koncentration en lång stund i loggböckerna.

Lektion 5: Evolutionsteorin (80 minuter)

Lektionens specifika mål: Eleverna ska förstå evolutionsteorin som en vetenskaplig teori och använda den som ett intellektuellt verktyg.

Vetenskapsteori diskuterades och läraren förklarade begreppen fakta, lag, hypotes och teori. Detta användes för att diskutera vetenskap och trosuppfattningar. Dessutom visades de mål i kursplanen som har med detta att göra för eleverna. Därefter gjorde läraren en sammanfattning av evolutionsteorin på tavlan:

- Lika föder lika (ärfthlghet)
- Populationer har variation
dvs. olikhet uppkommer genom slumpmässiga omkombinationer och mutationer
- Vissa egenskaper (gener) ger sin bärare större överlevnadsförmåga och/eller större reproduktiv förmåga
dvs. naturligt urval som inte är slumpmässigt
- Genen (egenskapen) blir vanligare i populationen

Omedelbart efter detta fick eleverna i smågrupper diskutera en evolutionsuppgift om skogsharar som förflyttats till Färöarna och efter ett tag inte längre byter till vit vinterpäls. Hur har detta gått till?

Samevolution beskrevs av läraren och diskuterades först i helklass med lärobokens exempel om orkidéer och svärmare som exempel. Därefter fick eleverna i smågrupper diskutera frågan 'Kan gepardens och antilopens evolution ses som samevolution?'

Efter det fick eleverna i uppgift att i smågrupper spela tärningsspelet 'Yatzy' och diskutera på vilket sätt detta spel liknar och på vilket sätt det skiljer sig från evolutionsteorin. Då tärningarna (många) kastas ut kan det vara en analogi för den slumpmässigt uppkomna variationen i populationen. De individer (tärningar) som har i den givna miljön fördelaktiga egenskaper behålls (t.ex. femmor och sexor) de andra tas bort genom naturligt urval. Likheten med evolutionen är att den består av två processer, en slumpmässigt som orsakar variation och en icke slumpmässig som gynnar individer med i en viss miljö fördelaktiga egenskaper, naturligt urval. Vad som inte kommer fram i denna analogi är reproduktion och ärfthlghet. Dock belyses anpassning.

Slumpens samt det naturliga urvalets betydelse i evolutionen diskuterades med hjälp av två uppgifter. De formuleras på följande sätt:

Uppgift 1: *En vanlig invändning mot evolutionsteorin har varit: 'Hur kan ett så perfekt anpassat organ som vårt öga ha utvecklats av en slump? Det måste ju ha varit en jättemutation, för det kan ju inte ha skett genom gradvisa genetiska förändringar, ingen har ju nytta av ett halvdant öga.'*

Uppgift 2: *'En organism är en så fantastiskt komplicerad och osannolik kombination av molekyler att sannolikheten för att en levande organism ska uppstå genom slumpens försorg är ungefär lika liten som att en tornado ska kunna blåsa genom ett skrotupplag, röra om i alla delar som ligger där, och leverera en flygfärdig Boeing 747'* (Fagerström, 1995)

Lektionen avslutades med hur biologiska förklaringar är beroende av organisationsnivåer, molekyl – cell – individ – population, med 'sickle cell anemia' som exempel (Knippels, 2002).

Utdrag ur loggböcker

Många elever kommenterade genomgången av evolutionsteorin:

Elev 199: *Idag fortsatte vi med naturligt urval och dylikt. Jag tycker att jag börjar förstå detta ganska bra nu men det är ändå bra att öva.*

Elev 187: *Idag vi sammanfattat våra kunskaper vi har lärt oss. Vilket är viktigt att göra mellan lektionerna. Att prata i grupp är bra, men det är viktigt att alla är med. Även viktigt att ha en bra balans. Har egentligen inte så mycket att säga. Tillsvidare.*

Utdrag ur fältanteckningar

Nu var evolutionsteorin presenterad i sin helhet för första gången i undervisningssekvensen. Eleverna hade givits möjlighet att bygga upp en vetenskaplig teori. Eleverna fick många olika tillfällen under denna lektion att använda sig av teorin för att evolutionärt förklara olika biologiska fenomen. Läraren gav eleverna ordentligt med tid att anteckna och att reflektera då evolutionsteorin sammanfattades i sin helhet. Eleverna diskuterade varje uppgift intensivt och med stort intresse. Under denna lektion blev det uppenbart att slumpen hade fått sin rättmätiga del av evolutionsteorin. Citat ur fältanteckningarna: 'Slumpen på plats!'

Lektion 6: Evolutionsteorin (90 minuter)

Lektionens specifika mål: Eleverna ska använda evolutionsteorin i nya sammanhang, både i grupp och enskilt.

Lektionen gick ut på att använda evolutionsteorin i nya situationer. Först delades eleverna in i fem grupper och fick följande uppgift att diskutera:

Forskare har länge varnat läkare för deras ökade användning av antibiotika (penicillin) för att bota lindriga infektioner.

Vad anser du vara orsaken till denna varning?

Nästa uppgift (bäveruppgiften; appendix 5) diskuterade eleverna i smågrupper utifrån två bilder föreställande en bäverpopulation vid två olika tillfällen många generationer emellan. Populationen har förändrats på så sätt att andelen bävrar med lång svans har ökat. Detta kan eleverna se på bilderna och får följande uppgift:

Hur skulle ni förklara den förändring som har skett mellan bild 1 och bild 2. Förklara så utförligt som ni bara kan.

Efter denna öppna uppgift fick grupperna kommentera de olika svarsalternativen i en av flervalstuppgifterna i förtestet, den som handlade om orsaken till populationsförändringar (se appendix 1 och 5). De uppmanades försöka enas om ett av svarsalternativen och sedan jämföra med diagrammet som visade hur klassen besvarade denna uppgift på förtestet.

Efter dessa båda smågruppsdiskussioner gjordes en sammanfattning i helklass. Därefter gick läraren igenom det evolutionära begreppet anpassa.

Eleverna fick ytterligare en uppgift (renvarguppgiften; appendix 6) att använda evolutionsteorin på. De ombads använda evolutionsteorin för att förutsäga hur en renpopulation skulle utvecklas. Renpopulationen varierade i egenskapen benlängd och detta visades explicit i uppgiften. Eleverna fick därefter ett antal följdfrågor. Uppgiften utfördes individuellt, den är databasstyrd och besvaras över internet (Wallin & Andersson, 2000). Det ingår i uppgiften att reflektera över sitt eget tänkande. Lektionen avslutades med loggbokskrivning.

Utdrag ur loggböcker

Elevernas upplevelser av lektion 5 och 6, där evolutionsteorin användes i många olika sammanhang, var överlag väldigt positiva. Hela 17 av de 18 eleverna uttryckte sig positivt om lektionerna och de kommenterar både upplevelser och sitt lärande. Några hade också med något de ansåg vara negativt. Endast en elev är enbart negativ.

Elev 189: Idag har vi haft många intressanta diskussioner. Jag tyckte att det var roligare idag, det var fler som hade något att säga.

Elev 184: Nu börjar man bli hyfsat säker på det här med evolution hur/var/när. Man kan ju tillämpa Darwins teori på allt! Lite trevligt.

Elev 194: Jag har inte så mycket att säga om dagens lektion förutom att den va lite tråkig men det måste vara det ibland, thats life.... Fast det var nog för att man inte får några direkta svar om man har rätt eller fel, även om 'du' som lärare kanske vet det, fast man lär sig väl något ändå fast jag vet/undrar? inte det nu...

Utdrag ur fältanteckningar

Det visade sig att grupperna hade haft svårt att enas om ett svarsalternativ på flervalssuppgiften om orsak till populationsförändringar från förtestet. Alternativet 'Organ och strukturer som behövs utvecklas' valdes bort av två grupper. En grupp hade dock tolkat behovet i detta svarsalternativt på ett sätt som överensstämmer med evolutionsteorin och enats om detta alternativ. En grupp ansåg alternativet 'Vissa individer är bättre på att föröka sig än andra' var bäst. En annan grupp valde mellan detta och alternativet 'Vissa individer svälter ihjäl, medan andra överlever genom att flytta till nya områden'. En grupp ansåg att det inte fanns något korrekt alternativ överhuvudtaget och sista gruppen valde svarsalternativet 'Individer kan anpassa sig för att överleva'. Detta blev en snygg övergång till genomgången av begreppet 'anpassa' i ett evolutionärt sammanhang.

Efter lektionens diskussioner verkade det klart att eleverna inte längre hade uppfattningen att evolutionen är behovsdriven. Vissa elever använde termen 'behov' på ett sätt som överensstämmer med evolutionsteorin.

Den individuella internetuppgiften tog eleverna på största allvar och arbetade med denna koncentrerat mellan 30 till 45 minuter.

Lektion 7: Stöd för evolutionen (80 minuter)

Lektionens specifika mål: Eleverna ska förstå vad som är ett vetenskapligt stöd för evolutionsteorin.

Eleverna diskuterade grottssalamanderuppgiften från förtestet som ett exempel på en evolutionsuppgift som utmanar de alternativa idéerna om att de organ eller strukturer som organismer inte använder tillbakabildas just på grund av att de inte används och inte genom naturligt urval.

Olika stöd för evolutionen presenterades av läraren och diskuteras i helklass, bl.a. kontinentaldrift, systematik, fossil, fosterutveckling, symbioteorin och molekylärbiologi. Efter denna genomgång och diskussion fick eleverna en fossilrekonstruktionsuppgift med följande lydelse:

Nu startar rekonstruktionen av Scaphognatus crassirostris (BSCS, 1992):

I Bayern, Tyskland, fann paleontologer år 1826 ett fossil som åldersdaterades till 125 miljoner år gammalt. Trolig längd var 55 cm och de främre lemmarna kunde ge en bredd på 90 cm.

Eleverna hade läst på instruktionen hemma och klippt ut sin tredjedel av 'benen'. Tre och tre (sex grupper) skulle de nu foga samman detta fossil. I salen fanns planscher på nu existerande ryggradsdjur och en del skelett. Följdfrågor blir:

*Vilken hudtyp (päls, fjädrar, pansar, fjäll etc.)
Hur ta sig fram (gå, flaxa, glida, simma etc.)
Vilken föda (rov, as, insekter, rötter, gräs, löv etc.)
Vilket läte, färg, boplats, parningsbeteende etc.*

Utdrag ur loggböcker

Det eleverna i första hand väljer att kommentera är skelettrekonstruktionsuppgiften. Bland de elever som kommenterade denna är ungefär hälften positiva och andra hälften negativa till uppgiften:

Elev 177: Ja du vad ska man säga om dagen? Det var rätt så roligt att para ihop "skelettet". Kul med grupperna. Så jag lärde mig en hel del idag.

Elev 193: Byggandet av skelettet tog för långt tid och man kunde använt den tiden bättre. Jag lärde mig inte så mycket på det!

Utdrag ur fältanteckningar

En lektion som följer planeringen mer eller mindre exakt. Läraren använde sig av en mängd olika material för att illustrera och konkretisera stöden för evolutionsteorin bl.a. olika skelett, många planscher, molekylmodeller, eleverna själva, vilket gjorde genomgången stimulerande att lyssna till. Trots att många elever uttryckte sig något negativt i loggböckerna om skelettrekonstruktionsuppgiften fanns i fältanteckningar endast kommentarer om att eleverna arbetade koncentrerat och in i sista minuten.

Lektion 8: Artbildning (90 minuter)

Lektionens specifika mål: Eleverna ska kunna använda det intellektuella verktyget evolutionsteorin för att beskriva, förstå och förklara artbildning.

Läraren inledde med en föreläsning om artbildning och gjorde i samband med detta en historieskildring av Darwins liv och hans färd med skeppet Beagle under fem års tid. Artbildning illustrerades bland annat med hjälp av ringarten gråtrut/silltrut. Efter genomgången engagerades eleverna i en gruppaktivitet om artbildning av salamandrar (*Ensatina eschscholtzi*) hämtad från BSCS (1992). I denna gruppuppgift fick de använda evolutionsteorin i ett realistiskt exempel.

Lektionen avslutades med loggboksskrivning och utlämning av hemuppgifter. Dessa uppgifter är en inledning till nästa lektion:

Hemuppgift 1: Lejonhanar som tar över ledarskapet i en flock biter ihjäl alla ungar som redan finns i flocken. Förklara hur ett sådant beteende utvecklats och består.

Hemuppgift 2: *Jordekorrar i USA lever tillsammans i stora grupper. Om ett rovdjur närmar sig avger vissa ekorrar ett alarmläte som får alla att rusa in i hållans skydd. Den som ropar tar ju en stor risk genom att rovdjuret lägger märke till den individen först. Förklara hur ett sådant beteende utvecklats och består.*

Utdrag ur loggböcker

Några få elever kommenterade genomgången av artbildning allmänt, men hälften salamander-artbildningsuppgiften och var positiva till den:

Elev 182: *Tyckte att salamanderövningen var bra eftersom man förstår mer av det naturliga urvalet. Man såg hur olika de ser ut på ett litet område.*

Elev 183: *Salamandrarna, var mycket bra! Jag fick i alla fall tänka en hel del. Nu var jag säker, kunde lägga fram fler teorier och det var en bra diskussion mellan alla i gruppen!!*

Utdrag ur fältanteckningar

Eleverna verkade finna salamander-artbildningsuppgiften mycket stimulerande och de arbetade flitigt och diskuterade engagerat. Även hemuppgiften som delas ut verkade vara stimulerande för åtminstone en grupp elever, som stannade kvar och arbetade med den direkt. Några elever diskuterade hemuppgiften tillsammans och förde ett intressant samtal med 'bra för arten' resonemang och en av dem sa: 'Det är ju inte bra för arten, men det är ju bra för individen'.

Lektion 9: Fitness, beteende och sexuellt urval (80 minuter)

Lektionens specifika mål: Eleverna ska förstå betydelsen av reproduktiv framgång för evolutionära förändringar.

Dagens lektion bör klargöra kursplanens: ... 'förstå betydelsen av organismers beteenden för överlevnad och reproduktiv framgång'. Eleverna fick i början av lektionen en gruppuppgift om 'fitness' att diskutera. Denna är hämtad från Bishop och Anderson (1986) och inledningen formulerades så här för eleverna:

Biologer använder ofta ordet 'fitness' när de talar om evolution. Här följer fyra beskrivningar av manliga lejon. Med hänsyn till ditt sätt att förstå evolution, vilket lejon skulle en biolog anse vara 'the fittest'?

I uppgiften beskrivs fyra olika lejonhannar och det gäller att inse att den hanne som lever kortast liv och inte får flest ungar ändå lyckas få fler ungar som överlever till vuxen ålder och det är det som räknas i detta sammanhang, relativ reproduktiv framgång. Gruppuppgiften diskuterades därefter i helklass och begreppet 'survival of the fittest' behandlades.

Nästa punkt i lektionen var att jämföra flockliv med ensamliv. Eleverna ombads punkta ner fördelar med respektive levnadssätt. Därefter diskuterades organisationsnivåer ur ett urvalsperspektiv. Frågan var 'På vilken nivå verkar det naturliga urvalet?'. Denna diskussion inleddes med att läraren gjorde en historisk tillbakablick över på vilken nivå evolutionsbiologer resonerat under 1900-talet. De nivåer som diskuteras under genomgången var samhälle, art, population, individ och gen. Uttrycket 'Det bästa för arten' behandlas. Därpå var det dags att diskutera de båda hemuppgifterna.

Helklassdiskussionen fortsatte med att läraren ställde följande provocerande fråga för diskussion:

Du kommer fram till en flod där tre av dina syskon håller på att drunkna. Du kan säkert rädda dem till livet, men då omkommer du med allra största sannolikhet. Ska du göra det? Blir svaret annorlunda om det är två syskon eller ett?

Efter detta följde en genomgång av olika sexuella system och sexuellt urval. Olika exempel på sexuellt urval gavs som resulterade i t.ex. fågelhannar som inte kan flyga. Fenomenet 'sneaky fuckers' diskuteras ur ett evolutionärt perspektiv.

Lektionssekvensen avslutades med loggboksskrivning där eleverna ombads skriva ett svar på följande uppgift:

Den franske författaren Voltaire skrev 1759 boken 'Candide'. Det är en mycket läsvärd satir där bl.a. en doktor Pangloss fäller följande kommentar:

' ... sakerna kan icke förhålla sig annorlunda, ty då allt är skapat för ett ändamål och detta ändamål måste vara det bästa av ändamål, är nödvändigtvis allt skapat för det bästa ändamål. Lägg väl märke till hur näsan har skapats för att bära glasögon; därför bär vi också glasögon. Benen har alldeles uppenbart inrättats för att beklädas med skor och strumpor; således bär vi också skor och strumpor ...'

Diskutera, med era evolutionära glasögon på, vad som är problematiskt med en sådan här ändamålsförklaring.

Undervisningssekvensen inleddes med frågan 'Varför finns myggor?' och denna besvaras ofta med olika former av ändamålsförklaringar t.ex. myggor finns för att de utgör mat åt insektätande fåglar. Detta litterära verk, innehållande ändamålsförklaringar, får avsluta sista lektionen och då anser jag att cirkeln är sluten.

Utdrag ur loggböcker

Det visade sig att ingen av de elever som skriver i loggboken diskuterar 'Pangloss' uppgiften. En anledning kan vara att de direkt efter denna lektion hade prov i matematik.

Lektionen som helhet fick nästan bara positiva kommentarer, en enda elev skriver en liten negativ kommentar. Några elever kommenterar hemuppgifterna som diskuteras under lektionen:

Elev 198: *När det gäller lejon och jordekorrar tänkte jag nog inte riktigt så långt som jag kanske borde, men när man får veta hur man skulle ha tänkt var det ganska logiskt. Men så är det ju alltid, det är alltid lättare när man vet hur de ska vara.*

Elev 191: *Vår hemuppgift (lejon & jordekorrar) Var det lagom svårighetsgrad på. Inte för svår inte för lätt.*

Några elever kommenterar social organisation och sexuellt urval:

Elev 185: *Jag tror att fördelarna resp. nackdelarna hos ensamstående och de som lever i flock tillslut tar ut varandra. Roligt exempel var de paddor som inte väntade vid dammen utan på vägen där honorna kom. 'Inte stor å stark utan smart.'*

Utdrag ur fältanteckningar

Läraren gav eleverna några tankeväckande uppgifter och någon var provocerande. Detta gjorde diskussionerna ganska heta. Under diskussionen av sexuellt urval fälldes några mycket underhållande kommentarer från elever och från läraren. Mot slutet av lektionen blev eleverna något okoncentrerade antagligen beroende på det stundande matematikprovet.

Utvärdering

Själva genomförandet av undervisningssekvensen utvärderades genom att jag var observatör och eleverna skrev loggböcker. Här följer en betraktelse utifrån min observatörsroll. Redovisningen hämtar stöd från fältanteckningar och från elevernas loggböcker.

Eleverna svarade i en enkät att de inte stördes av mig som observatör. Detta överensstämmer med min egen upplevelse av situationen. Eleverna mer eller mindre ignorerade mig och jag gjorde inga försök att ändra på detta eller att delta i undervisningen. Även läraren skötte undervisningen utan min medverkan och inbjöd mig inte att delta, vilket överensstämmer med vad vi beslutat angående min roll. Jag kunde som observatör uppleva hur elevernas beteende förändrades då läraren gjorde entré i klassrummet. Han hade auktoritet utan att vara auktoritär och deras småpratande om 'ditt och datt' avslutades då han kom in i klassrummet.

Vid planeringen av undervisningssekvensen tog vi hänsyn till att man i forskningen kommit fram till att det finns goda skäl till att dela upp evolutionsteorin i två olika processer. De första tre lektionerna handlade i huvudsak om variationens uppkomst, den slumpmässiga processen i evolutionsteorin. Genom dessa tre lektioner fick eleverna erfarenheter av att det i po-

pulationer finns en befintlig variation som uppkommit under en oerhört lång tidsrymd. Tredje lektionen avslutades med en gruppdiskussion om hur giraffen har fått sin långa hals. Under dessa diskussioner hör jag en elev säga 'Allt handlar om slump'. Detta tycker jag är en suverän avslutning på undervisningen av den slumpmässiga processen och samtidigt en bra utgångspunkt för att införa den icke slumpmässiga, naturligt urval. En erfarenhet från intervjuer och gruppdiskussioner som styrker uppdelningen av evolutionsteorin i dessa båda processer är att om variationen visas explicit blir skillnader i överlevnad uppenbara för eleverna. Under lektion 4 infördes begreppet naturligt urval och evolutionsteorin sammanfattades i sin helhet först under femte lektionen efter att systematiskt ha byggts upp. I slutet av denna lektion antecknade jag att nu är slumpen på plats. Detta upplägg upplevdes av mig som observatör som ett framgångsrikt sätt att möjliggöra för eleverna att konstruera en vetenskaplig teori. Under resten av undervisningssekvensen fick eleverna många tillfällen att tillämpa teorin i olika situationer, vilket eleverna kommenterade i sina loggböcker:

Elev 198: Känns som om vi har gjort väldigt många likadana uppgifter nu. Alla leder fram till samma svar, enda skillnaden är att det gäller olika populationer. (Varför har girafferna lång hals?, varför har älgarna längre ben?, varför blir bakterier resistenta?) Men det är bra att vi diskuterar i grupp. (Efter lektion 6)

Elev 194: Tjohoo... tja skam den som ger sig, heter det ju, dessa trevliga lektioner börjar att bli lite tjötiga, denna enformiga nötande av naturligt-urval, mutationer och omkombinationer, men man lär ju sig så länge man lever, alltså lär man sig alltid något även om man inte vet om det, o det är ju trevligt att veta, så man kan ju inte vara sur för att man inte lär sig något, för man gör ju det även om man inte märker det. Nog om det där skitsnacket. Jag tycker att jag/vi börjar att förstå sammanhanget i det hela nu (äntligen). Och det är nog tack vare att vi får diskutera i grupp. För jag tror att det man lär sig då, fastnar fortare och bättre än av att bara sitta och läsa och sedan besvara uppgifter, istället för att diskutera texten och efter det diskutera de uppgifter som vi gör TILLSAMMANS! (Efter lektion 8)

Elev 180: Bra med mycket exempel. Man har börjat förstå 'målet' med kursen. Ska nog gå bra på provet. Tack vare alla exempel så har man funnit den röda tråden. (Efter lektion 9)

Dessa elever uttrycker klart att de uppfattar att lektionerna handlar om tillämpning av evolutionsteorin. Även om flera elever kommenterar att de upplever upprepningar i undervisningen verkar de inte vara negativa. Flera uttrycker att det är först nu de börjat förstå evolutionsteorin. Uppenbarligen krävs en ordentligt tilltagen tid för att införa en vetenskaplig teori och sedan tillämpa den i många nya situationer för att eleverna ska uppleva att de verkligen har förstått. Utifrån den teoretiska ansats som bygger på att varje elev ska bygga upp evolutionsteorin är det rimligt att anta att detta tar tid och kraft både från elever och från lärare. Det räcker inte med att läraren föreläser om en teori och sedan lämnar eleverna för mer eller mindre enskilda studier.

I ansatsen ingår att eleverna ska ges rika möjligheter till diskussioner i olika konstellationer. Den sociala delen av lärandet är antagligen en förutsättning för det individuella. Att eleverna anser de många och olika diskussionerna som betydelsefulla för det egna lärandet framkommer i loggböckerna. Redan i citaten ovan framgår detta.

Elev 182: Det som jag tyckte va bra med lektionerna idag var att vi fick diskutera mycket och det roliga va att det ibland faktiskt blev dueller om två olika teorier. Inläringen var bra eftersom vi fick fundera själva och uttrycka oss sen istället för att läsa i en text som kanske inte är så rolig. Som jag skrivit tidigare så är det bra att man får röra mycket på sig på så sätt ökar inlärningsförmågan. Man blir pigare. (Efter lektion 6)

Elev 184: Mer och mer insikt i evolutionens värld...Men allt är inte så lätt som man trodde från början, det där med jordekorrarna var riktigt motsägelsefullt. Men om det ligger i deras gener att rädda sina avkomma så är ju allt frid och fröjd. Idag var det bara en teorilektion, men det har varit intressant så det är inga problem. Tänker jag efter så är våra 'åså-tar-vi-ett-par-minuter-och-tänker-efter'diskussioner riktigt bra! Man måste tänka själv då, och det behövs. Annars tänker man att 'äh, nån annan svarar på det'. (Efter lektion 9)

Det sista citatet från elev 184 visar på att de många avbrott som läraren gör för att eleverna direkt ska få 'smaka' på ett nytt begrepp upplevs positivt åtminstone av en elev.

Som observatör blir jag inte förvånad när jag analyserar elevernas loggböcker och upptäcker att de var mycket positiva till diskussionerna i klassrummet, eftersom det väl överensstämmer med min upplevelse som observatör. I fältanteckningarna finns många kommentarer om hur livfullt, engagerat och intresserat eleverna tar till sig an alla de diskussionsuppgifter de får. Jag fick möjligheten att lyssna till många diskussioner och jag noterade många gånger hur väl de höll sig till ämnet för diskussionen. Läraren i denna studie lyckades skapa ett öppet och tillåtande diskussionsklimat, där eleverna inbjöds att dela med sig av sina idéer.

Ett viktigt syfte i denna undervisningssekvens är att eleverna ska få mycket av ansvaret för att avgöra vilka idéer som bär. Därför uppmuntrades de att tänka själva och bedöma de olika idéernas förklaringsvärde i stället för att förlita sig på lärarens auktoritet. Som observatör upplever jag att läraren lyckades ge eleverna ordentligt med tid att tänka själva. I fältanteckningarna under lektion 5 i samband med att evolutionsteorin sammanfattas med sina olika komponenter på tavlan skriver jag följande: 'NN vad du är duktig på att ge eleverna tid att tänka!'. Dessutom noterar jag att eleverna fick gott om tid att föra ordentliga anteckningar vid detta för hela undervisningen mycket viktiga tillfälle, då tiden var mogen för att få en teori så att säga

färdigkonstruerad inför tillämpning i nya situationer. Att även elever delar min upplevelse visar följande citat från loggböckerna:

Elev 191: *Bra med den där internet- saken. - Man lär sig att tänka själv. Använda sig själv av evolutionsteorin.* (Efter lektion 6)

Elev 198: *Bra att man lär sig 'hur man ska tänka' istället för hur det är.* (Efter lektion 9)

Elev 177: *Det var rolig lektion idag. Det var kul med lejonen och ekorren. Lätt att förstå det du gick genom. Och det är det som är viktigast, Förstå. Skulle gått igenom mer på tavlan. Men annars var det lyckat lektion.* (Efter lektion 9)

Jag upplevde undervisningen som en sammanhållen helhet och klassrumsklimatet som tillåtande och positivt. Det är fascinerande att få uppleva att eleverna tog undervisningen så seriöst och gick in för varje lektion med dess diskussioner och aktiviteter med ett under hela sekvensen bibehållt intresse och engagemang. Även detta styrks av elevernas kommentarer i loggböckerna. Två exempel som visar uppskattning av att lektionernas innehåll är varierande:

Elev 179: *Man pratar om det, läser om det och sedan får svara på frågor om det. Det gör att det går in i huvudet och kanske stannar där ett tag istället för att det viftar ut i andra örat.* (Efter lektion 6)

Elev 183: *Hela detta, att det inte bara är katederundervisning är skitbra!! För det är såååååååå långtråkigt!!!* (Efter lektion 8)

En elev som påbörjade sina gymnasiestudier i en skola i en annan stad jämför denna undervisningssekvens med tidigare erfarenheter:

Elev 189: *I övrigt har undervisningen varit positiv på det sättet att det var mycket variation på lektionerna o det har från stund till stund t.o.m. varit roligt. Undervisningen här skiljer sig mycket från i NN. Där var det mer systematisk inläring. Typ läraren ville att vi skulle lära oss ett stycke lektionen efter var det skriftlig förhör med en stor röd rättpenna. Jag kan säga att jag inte saknar det.* (I slutkommentaren)

Några elever kommenterar att de uppskattar de olika aktiviteterna i undervisningssekvensen och att de har avgörande betydelse för inläringen.

Elev 182: *Hade nog inte förstått så mycket om vi bara hade suttit och lyssnat och sedan antecknat. Tror att den goda inläringen beror på alla övningar.* (Efter lektion 9)

Elev 199: *Jag tycker att det har varit både roligt och intressant. Vi har inte bara suttit och antecknat utan istället har vi gjort en massa roliga experiment och försök som jag tycker var lärorika. Nu menar jag evolutionen.* (I slutkommentaren)

Det finns dock enstaka elever som inte uppskattar denna undervisningsform, i alla fall inte för egen räkning. En elev uttrycker sig på följande sätt i loggboken:

Elev 180: *Jag tror jag har lärt mig en hel del om evolutionen. Vi kanske skulle kunna få några uppgifter som skulle kunna komma på ett prov. Då vet man unge-*

fär hur man skall plugga. För mig hade det nog gått lika bra med 'katederundervisning', men för snittet var detta nog en bra idé. Det återstår att se. (Efter lektion 8)

Elev 180: Som sagt så lärde jag minst lika mycket idag, som när vi hade andra lekar. Å andra sidan.... Hur leker man sexuell selektion... (Efter lektion 9)

Läraren i undervisningssekvensen var mycket uppskattad. Jag som observatör upplevde att han hade elevernas förtroende och respekt både för hur han bemötte dem och för i sitt kunnande. Även detta framkommer då eleverna skriver slutkommentar i sina loggböcker:

Elev 183: Personligen tycker jag att du är den bästa läraren jag har på gymnasiet!!

Elev 190: Kursen har varit bra planerad och genomförd. Du har gått igenom problem på ett bra sätt som gör det lätt att följa med.

Denna undervisningssekvens är mycket välplanerad. Tre erfarna lärare som också är engagerade i ett forskningsprojekt samlas innan varje lektion och går igenom planeringen för kommande lektion och samtidigt utvärderar den senast genomförda formativt. Hela sekvensen är alltså planerad i detalj och tidsangivelser på 5 - 10 minuter skrevs in i lektionsplaneringarna. Läraren följer dock inte dessa tidsangivelser slaviskt utan tar vara på spontana händelser i klassrummet. Jag kommenterar dock vid något tillfälle i fältanteckningarna: 'Håller planeringen suveränt'.

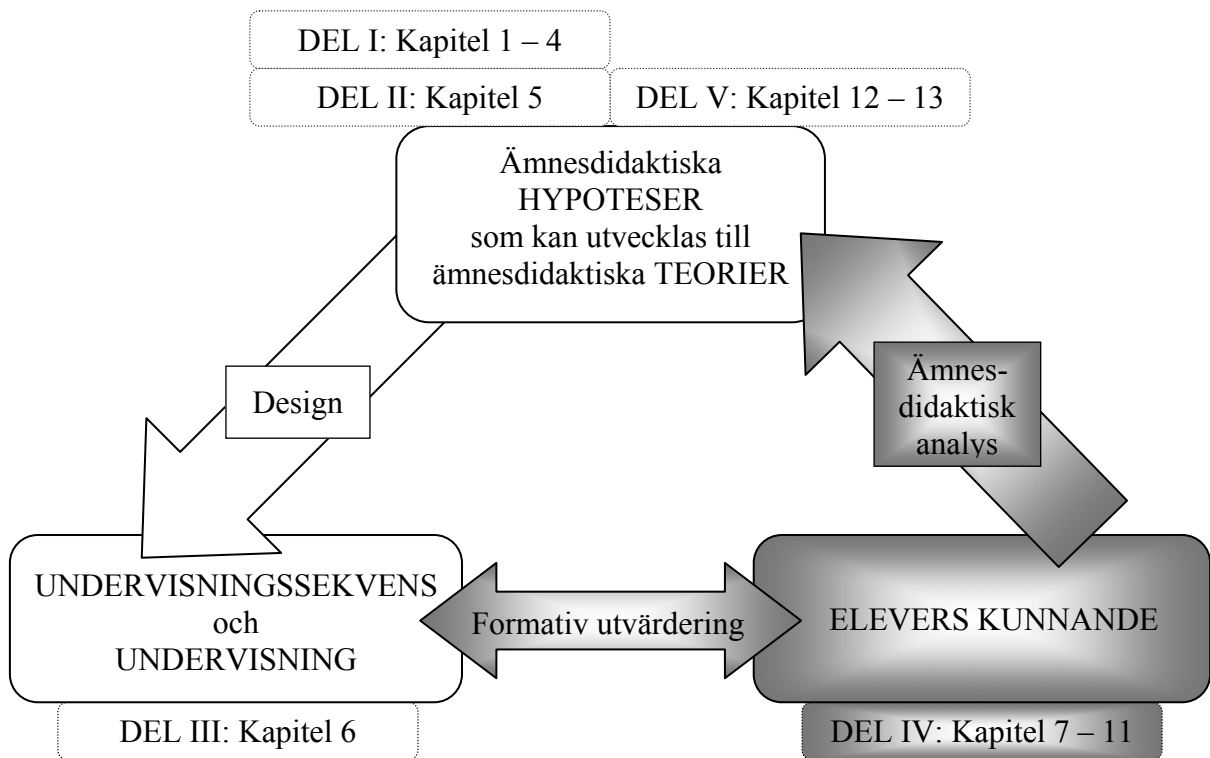
Hur upplever då eleverna en sådan här detaljstyrd undervisningssekvens? När jag observerade lektionerna verkar eleverna ha det mycket bra och som sagts vid flera tillfällen tar de sig villigt och intresserat an alla de uppgifter vi planerat. Följande citat från en elevs loggbok blir intressant i detta sammanhang:

Elev 179: ... Annars tycker jag att det har varit roligt att ha Biologi, tack vare de lite mer 'fria' lektionerna och inte tråkiga stela fysiktimmarna. (I slutkommentaren)

Dessa detaljstyrda lektioner upplevs som 'fria' av denna elev. Vad upplever eleven då som frihet? Kanske är det friheten att få diskutera och ventilera sina idéer eller friheten att ha del i makten att avgöra vilka idéer som har störst förklaringsvärde?

DEL IV

ELEVERS KUNNANDE – METOD, RESULTAT OCH FORTLÖPANDE DISKUSSION



KAPITEL 7

SKRIFTLIGA TEST

Flera olika skriftliga test – förtest, prov/hemtentamen och eftertest – används för att studera elevernas kunskande och utveckling av detta från förtestet till det fördröjda eftertestet ungefär ett år efter avslutad undervisning. Kapitlet inleds med en beskrivning av de olika testuppgifterna. Därefter redogörs för hur elevernas svar har kategoriserats och givits en rang genom en ämnesdidaktisk analysmetod. Sedan redovisas resultaten och en fortlöpande diskussion av dessa förs. Testen bidrar med underlag för att kunna besvara forskningsfrågan om elevernas kunskande innan och efter undervisning, samt hur konsistent de använder alternativa respektive vetenskapliga idéer.

7.1 För- och eftertestuppgifter

De olika uppgifter som ingår i för- och eftertest visas i tabell 7.1. Resultaten från analysen av elevernas svar på dessa uppgifter kommer i avhandlingen att presenteras utifrån fem olika teman. Dessa teman utgör det begrepp, den modell eller den teori som uppgifterna avser att testa elevernas kunskande i.

Hur de olika uppgifterna formulerats för eleverna visas i appendix 1. Antalet uppgifter på förtestet var åtta i exp1 och exp2. I exp3 tillkom ännu en uppgift redan på förtestet (salamanderuppgiften). Antalet uppgifter i eftertestet var nio i exp1. I exp2 och exp3 tillkom också här salamanderuppgiften. Uppgifternas ordningsföljd har varierat något mellan de tre experimenten.

I både för- och eftertest finns uppgifter av olika typ (tabell 7.1). Samtliga flervalstuppgifterna innehåller fyra olika svarsalternativ. Dessutom finns två uppgifter av flervalstyp med motivering. Antalet svarsalternativ var fem på religionsfrågan och två på lösuppgiften. Denna senare uppgift ingick endast i eftertestet. Uppgifterna av Likert-typ² med motivering besvarar ele-

² Enligt Nationalencyklopedin är Likertskaala en attitydskala utarbetad av den amerikanske socialpsykologen *Rensis Likert* (1903-81). Skalan innehåller ett antal påståenden som man genom förstudier kunnat visa avspeglar attityden till något eller någon. Den person vars attityd man vill mäta får ta ställning till varje påstående eller *Likert-item* och ange hur starkt han/hon instämmer i eller tar avstånd från dess innehåll. Svaret på varje item poängsätts, och summan av poängen anger styrkan i attityden. (NE, 2003-09-16) Denna typ av uppgifter används ofta i attitydundersökningar. Här har jag dock använt den så att eleverna fått avgöra hur väl de anser två påståenden stämmer med evolutionsteorin.

verna genom att de först väljer mellan två påståenden på en femgradig skala. Därefter motiverar de detta val.

Tabell 7.1. De uppgifter som ingick i förtest, prov/hemtentamen respektive eftertest i de tre experimenten

Tema för uppgiften	Uppgiftstyp	Uppgiftens namn	Förtest	Prov	Hem- tenta	Efter- test
Variation	Flerval	Variationens uppkomst	X			X
	Flerval	Befintlig variation	X			X
	Likert med motivering	Variationens uppkomst	X			X
	Öppen uppgift	Variationsuppgiften		X	X	
Arv	Likert med motivering	Ärftlighet	X			X
Naturligt urval	Flerval	Populations förändring	X			X
	Likert med motivering	Populations förändring	X			X
Evolutionsteori	Öppen uppgift	Geparduppgiften	X			X
	Öppen uppgift	Salamanderuppgiften	X			X
	Öppen uppgift	Säluppgiften		X		
	Öppen uppgift	Björnuppgiften			X	
	Öppen uppgift	Antibiotikauppgiften		X	X	
	Flerval med motivering	Lössuppgiften				X
Vetenskap/Tro	Flerval med motivering	Religionsfrågan	X			X

På både för- och eftertest i alla tre experimenten finns en öppen uppgift, geparduppgiften, som testar elevernas förståelse av evolutionsteorin. Salamanderuppgiften (öppen uppgift) infördes under andra experimentets eftertest. Vid utvärderingen av exp1 framkom nämligen ett behov av att ha med ytterligare en öppen evolutionsuppgift med annorlunda kontext

Två av flervaluppgifterna, variationens uppkomst och populationsförändring, är konstruerade av projektgruppen, medan resterande uppgifter är hämtade från litteraturen (Bishop & Anderson, 1990; Jensen & Finley, 1995; Jiménez-Aleixandre, 1994; Landström, 1999). Se appendix 1. Trots att vissa uppgifter visat sig lite oklara och kanske skulle ha vunnit på en omformulering har vi valt att behålla deras ursprungliga lydelse då vi dels vill jämföra mellan för- och eftertest, dels mellan de tre experimenten. Vi vill också kunna relatera resultaten till tidigare forskning. Dessutom har flervaluppgifterna om variationens uppkomst och om populationsförändringar använts i intervjuer och smågruppsdiskussioner.

För- och eftertest utfördes på de båda skolorna genom att eleverna besvarade uppgifterna på datorer över internet och svaren överfördes direkt till vår databas. Varje elev representeras av en individuell kod i basen. Eleverna informerades om att resultaten på förtestet inte skulle komma att påverka deras betyg på kursen och att deras lärare inte skulle få tillgång till deras svar annat än på gruppnivå innan han hade satt betygen.

7.2 Prov- och hemtentamensuppgifter

I direkt anslutning till undervisningssekvensens avslutning fick eleverna i exp1 och exp3 ett skriftligt prov och eleverna i exp2 en hemtentamen. Eleverna var medvetna om att deras resultat på prov/hemtentamen skulle påverka betygsättningen. Från dessa prov- och hemtentamensuppgifter valdes tre öppna uppgifter ut för analys i denna avhandling. Se tabell 7.1 och appendix 2. Variationsuppgiften i provet jämförs med uppgifterna om variationens uppkomst i för- och eftertest. Säluppgiften (Settlage, 1994) respektive björnuppgiften jämförs med geparduppgiften i för- och eftertest. Säl- och geparduppgiften upplevdes av elever i en annan studie jag gjort som likvärdiga (Wallin, 1997). Den tredje uppgiften är antibiotikauppgiften (Brumby, 1981; 1984) som är en annorlunda öppen evolutionsuppgift och kan jämföras med lössuppgiften i eftertestet. Jämförelse mellan prov- och eftertestresultat används för att belysa den långsiktiga behållningen av elevernas evolutionskunnande.

Elevernas svar på provet eller hemtentamen skrevs av ordagrant och lades in i databasen. En person utanför projektgruppen gjorde avskriften och jag kontrollerade dessa.

7.3 Ämnesdidaktisk analys av elevsvaren

Vid analys av elevernas svar på samtliga testuppgifter används vad jag kallar en ämnesdidaktisk analysmetod. Denna finns beskriven i bakgrunden, kapitel 1. Denna analys tar hänsyn till både alternativa och vetenskapliga idéer om evolutionsteorin, när elevernas kunnande undersöks. Dessutom tas hänsyn till den aktuella undervisningen och elevernas möjligheter att lära under denna.

På varje uppgift som är med i både för- och eftertest finns i databasen 333 svar. Avhandlingens resultat grundar sig dock på ungefär hälften av dessa, nämligen de 158 svar som getts av de 79 elever som utgör undervisningsgrupperna. I vår databas finns alltså svar från fler elever än de som ingår i avhandlingens resultatredovisning och dessa svar kommer från elever som gick i andra klasser vid exp1 och exp2 eller från elever som endast deltagit

i för- eller eftertest. Svaren från elever i de andra klasserna kan tyvärr inte utgöra kontroller i ett forskningssammanhang av flera anledningar bl.a. det nära samarbete som fanns mellan denna studies lärare och de lärare som undervisade de övriga klasserna på respektive skola samt att eleverna inte delats in i klasserna slumpmässigt utan efter olika individuella val, t.ex. om man valt teknisk inriktning. När det gäller provuppgifterna finns endast svar från undervisningsgrupperna.

De 333 svar som finns på varje uppgift arrangerades i en slumpmässig ordning inför analysen. Härigenom visste jag inte om svaret kom från en elev i en av experimentgrupperna eller ej. Dessutom visste jag inte om svaret avgivits på ett för- eller eftertest. Detta förfarande användes för att eliminera mätfel som kan uppkomma genom vetskap om omständigheter kring svarets avgivande.

I avhandlingstexten finns många svar från testen citerade. Dessa har kopierats från databasen ordagrant, dock har felstavningar korrigerats. De har utvalts för att belysa kategoriseringen och utgör inte ett representativt urval.

Flervalsuppgifter

På för- och eftertest finns tre flervalsuppgifter med fyra svarsalternativ, uppgifterna om 'befintlig variation', 'variationens uppkomst' samt 'populationsförändring' (se tabell 7.1 och appendix 1). Alla tre uppgifterna innehåller ett alternativ som anses mest vetenskapligt. Dessa svarsalternativ markeras med en asterisk (*) i resultatredovisningens figurer. Elevens svar på flervalsuppgifterna får en rang mellan 1 och 4 (tabell 7.2).

Tabell 7.2. Rang på flervalsuppgifternas svar

Rang	Svarsalternativ
4	med vetenskapliga idéer
3	med delvis vetenskapliga idéer
2	med alternativa idéer
1	blank

Öppna evolutionsuppgifter

Svar på de öppna uppgifterna dvs. gepard-, salamander-, säl-, björn- och antibiotikauppgifterna, kategoriseras först i två huvudgrupper:

A. Alternativ evolutionsidéer

V. Vetenskaplig evolutionsidéer

A. Svar med alternativa idéer delas in i följande fem undergrupper utifrån elevernas resonemang:

- allmänt resonerande om utveckling, evolution eller anpassning 'allmän utveckling'
- behovsstyrd evolution 'behov'
- organ som inte används tillbakabildas (vanligt i salamanderuppgiften) 'ej användning'
- inlärd och förvärvade egenskaper utvecklas 'inlärning'
- annat 'annat'

V. Svar med vetenskapliga idéer analyseras vidare med avseende på vilka av följande fem resonemang (komponenter) det innehåller:

- befintlig variation inom populationen 'variation'
- överlevnadsskillnader mellan individer med olika egenskaper i populationen 'överlevnad'
- reproduktionsskillnader mellan individer med olika egenskaper i populationen 'reproduktion'
- fördelaktiga egenskapen ärvs genetiskt 'arv'
- andelen individer med fördelaktiga egenskaper i populationen ökar 'ackumulation'

Efter kategorisering enligt ovanstående system får varje svar en rang mellan 1 och 8. Där rang 1 innebär att eleven inte har besvarat uppgiften överhuvudtaget, vilket är ovanligt. Hur rangen bestäms redovisas i tabell 7.3.

Tabell 7.3. Bestämning av svarens rang på öppna uppgifter på för- och eftertest samt prov och hemtentamen

Komponenter/idéer	Kategori	Rang
Variation Överlevnad Reproduktion Arv Ackumulation	Vetenskaplig IV	8
Variation Överlevnad + ytterligare 2 komponenter	Vetenskaplig III	7
Variation Överlevnad + ytterligare 1 komponent	Vetenskaplig II	6
Variation Överlevnad	Vetenskaplig I	5
Alternativa evolutionsidéer + någon komponent eller vetenskaplig term	Alternativ II	4
Alternativa evolutionsidéer	Alternativ I	3
Vet ej/irrelevant	Vet ej/irrelevant	2
Blank	Blank	1

Variationen inom en viss rang är ibland stor. Två elevsvar på geparduppgiften med rang 8 får belysa detta:

Elev 22: Gepardens överlevnadsförmåga måste ha förbättrats av förmågan att springa fort. Troligtvis kunde de geparder som sprang fortare än genomsnittet fånga fler byten, oftare äta sig mätta, bli stärkta av maten, och inte svälta ihjäl lika ofta som de geparder som inte sprang lika fort. Alltså överlevde de snabba geparderna bättre, fick fortplanta sig, och därmed så spred de vidare sina gener. På samma sätt gynnades genom historien de geparder som sprang snabbare än genomsnittet, och de spred vidare sina gener, som blev allt vanligare. Varje mutation som ledde till att djuret blev snabbare, gynnade det, och den genen spreds vidare. Det är därför genomsnittshastigheten för geparder har ökat. Just nu kan vi inte se var utvecklingen är på väg. Kanske har gepardens hastighet stabiliserats, kanske är den på väg mot något håll. Hur som helst är det många faktorer som påverkar djurets överlevnadsförmåga. Inte minst många faktorer ur dagens moderna samhälle. Nu är det inte bara biologiska faktorer som inverkar på djurens anpassnings- och överlevnadsförmåga. (Exp1; eftertest)

Elev 32: Genom naturligt urval har de geparder som sprungit fortast överlevt och fött barn som förmodligen också sprungit fort och så har det fortsatt. (Exp1; eftertest)

Vid kategorisering av svaren på antibiotikauppgiften analyseras också vilken målorganism eleven anger för antibiotika, antingen bakterier och/eller människokroppen. Om ett svar med vetenskapliga idéer har människokroppen som målorganism dras en rangpoäng av.

Likert-uppgifter med motivering

För- och eftertest innehåller båda tre Likert-uppgifter med motiveringar: 'variationens uppkomst', 'orsak till populationsförändringar' och 'ärfthlighet' (se tabell 7.1 och appendix 1). Elevernas motiveringar till valet på Likertskalan kategoriseras i tre grupper innehållande:

1. Alternativ I innebär uteslutande alternativa idéer
Alternativ II innebär att vetenskapliga termer ingår
2. Konstaterande I innebär allmänt konstaterande
Konstaterande II innebär att vetenskapliga termer ingår
3. Vetenskaplig I innebär att två komponenter ingår (jämför tabell 7.3)
Vetenskaplig II – IV innebär att tre till fem komponenter ingår (jämför tabell 7.3)

Efter kategoriseringen enligt ovanstående system får varje elevsvar en rang mellan 1 och 8. Denna rang bestäms utifrån en sammanvägning av valet på Likertskalan och motiveringen till detta val (tabell 7.4).

Tabell 7.4. Bestämning av svarens rang på Likert-uppgifterna

Svarsalternativ på Likert-skalan	Motivering	Rang
Vetenskaplig idé	Vetenskaplig II - IV	8
Vetenskaplig idé	Vetenskaplig I	7
Vetenskaplig idé;	Konstaterande II;	6
Alternativ idé	Vetenskaplig I - IV	6
Vetenskaplig idé	Konstaterande I	5
Vetenskaplig idé;	Blank;	4
Alternativ idé	Alternativ II	4
Alternativ idé	Alternativ I	3
Alternativ idé	Blank/Vet ej	2
Blank	Blank	1

Lösuppgiften i eftertestet

Denna uppgift innebär för eleverna en ny kontext som inte finns i förtestet (se tabell 7.1 och appendix 1). De får först välja mellan två förslag till elevsvar på en evolutionsuppgift, som uttrycker:

- a. naturligt urval
- b. förvärvat arv

Därefter motiverar eleven sitt val. Totalt finns 153 elevsvar i databasen. Elevernas motiveringar kategoriseras på liknande sätt som Likert-uppgifterna (tabell 7.5).

Tabell 7.5. Bestämning av svarens rang på lös-uppgiften

Svarsalternativ	Motivering	Rang
Naturligt urval	Vetenskaplig II - IV	8
Naturligt urval	Vetenskaplig I	7
Naturligt urval	Konstaterande II	6
Naturligt urval;	Konstaterande I;	5
Förvärvat arv	Vetenskaplig I - IV	5
Naturligt urval;	Blank;	4
Förvärvat arv	Alternativ II	4
Förvärvat arv	Alternativ I	3
Förvärvat arv	Blank/Vet ej	2
Blank	Blank	1

7.4 Tema variation

I detta avsnitt redovisas och diskuteras för- och eftertestresultat av två uppgifter om variationens uppkomst och en om befintlig variation. Dessutom ingick i prov/hemtentamen en öppen uppgift om variationens uppkomst.

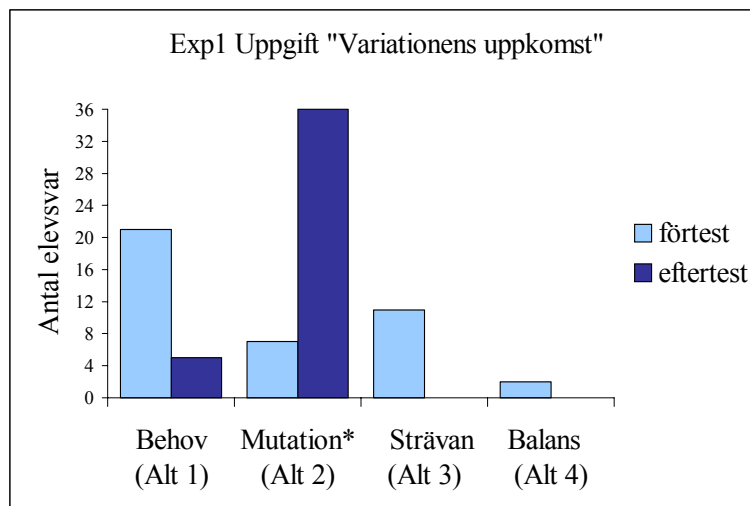
Flervalstuppgift om variationens uppkomst

Under evolutionens gång har levande organismer utvecklat en mängd olika egenskaper. Upphovet till denna enorma variation är att:

1	<i>Egenskaperna uppkom när de behövdes</i>
2	<i>Det har skett slumpvisa förändringar av organismernas arvs massa</i>
3	<i>Levande organismer strävar efter att utvecklas</i>
4	<i>Det behövs stor variation för att få balans i naturen</i>

Välj det påstående som passar bäst med vad du anser!

Figur 7.1, 7.2 och 7.3 visar elevernas val av alternativ på för- respektive eftertest för eleverna i de tre experimenten. Andelen elever som väljer det vetenskapliga alternativet 'mutation' (svarsalternativ 2) på förtestet är 17 %, 15 % respektive 22 % i de tre experimenten. På eftertestet däremot väljer majoriteten av eleverna detta alternativ 88 %, 65 % respektive 83 %. Fördelningen av elevernas val av svarsalternativ mellan för- och eftertest skiljer sig signifikant³ åt i alla tre experimenten. Om man jämför hur eleverna svarat i exp1, exp2 och exp3 på förtestet skiljer exp2 ut sig främst genom att en större andel elever väljer alternativet 'balans' (svarsalternativ 4) (fördelningen skiljer sig signifikant⁴ från exp1 annars inga signifikanta skillnader varken på för- eller eftertest⁵).



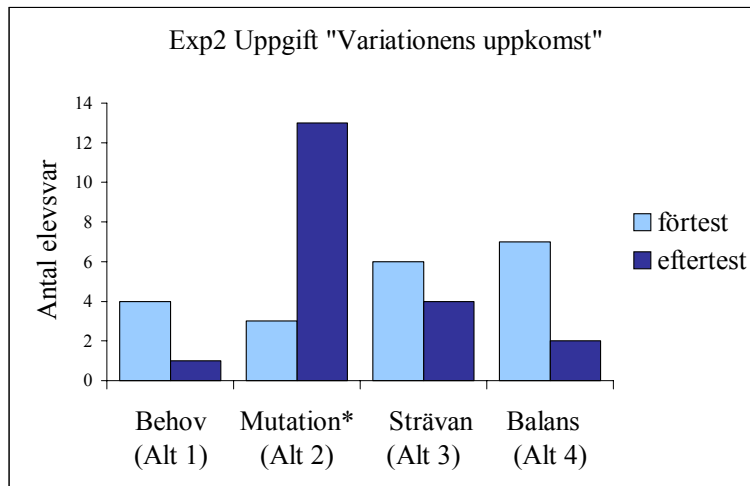
Figur 7.1. Antalet svar fördelade över de olika alternativen på för- respektive eftertest för exp1 (n=41)

³ Chi2-test; 2*2 tabell; p(exp1)<<0,001***; p(exp2)=0,004**; p(exp3)=0,0008***

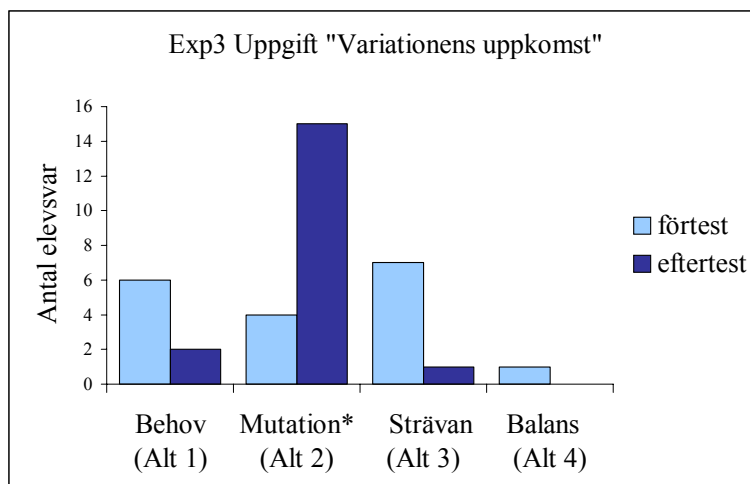
⁴ Chi2-test; 2*4 tabell; p(exp1 vs exp2)=0,009**; p(exp1 vs exp3)=0,646; p(exp2 vs exp3)=0,170

⁵ Chi2-test; 2*2 tabell; p(exp1 vs exp2)=0,669; p(exp1 vs exp3)=0,750; p(exp2 vs exp3)=0,924

Mellan könen finns inga signifikanta⁶ skillnader i fördelning över de fyra svarsalternativen varken på för- eller eftertest. Två elever totalt i de tre experimenten ändrar sig från det vetenskapliga alternativet 'mutation' på förtestet till ett annat alternativ på eftertestet.



Figur 7.2. Antalet svar fördelade över de olika alternativen på för- respektive eftertest för exp2 (n=20)



Figur 7.3. Antalet svar fördelade över de olika alternativen på för- respektive eftertest för exp3 (n=18)

Likert-uppgift med motivering om variationens uppkomst

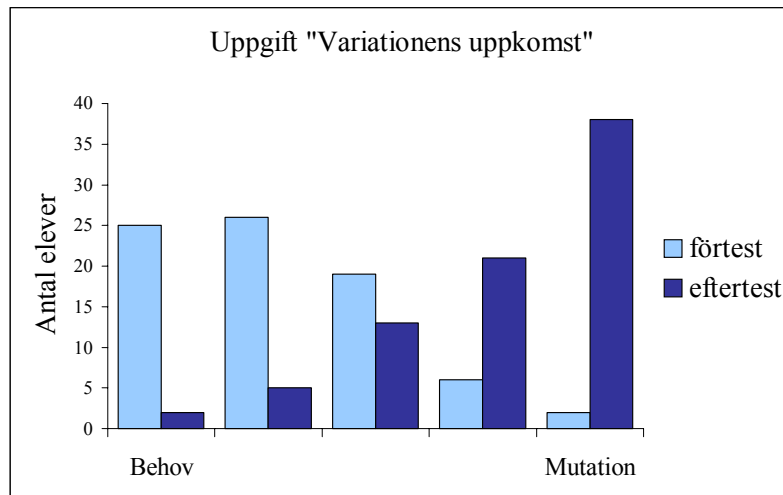
Egenskapen att ha simhud på fötterna hos änder uppkom hos ändernas förfäder på grund av att:

<i>de levde i vatten och behövde simhud för att simma</i>	1	2	3	4	5	<i>det av slumpskäl uppkommit mutationer</i>
---	---	---	---	---	---	--

Varför valde du detta svarsalternativ?

⁶ Chi2-test; 2*4 tabell; p(förttest)=0,280; Chi2-test; 2*2 tabell; p(eftertest)=0,325

Figur 7.4 visar hur elevernas val fördelar sig över Likert-skalan på för- och eftertest. Eftersom det inte finns några signifikanta⁷ skillnader mellan resultaten i de tre experimenten visas resultatet sammanslaget. Det finns inte heller någon signifikant⁸ skillnad mellan könen. Innan undervisning väljer eleverna närmast påståendet 'behov' och detta förändrades radikalt efter undervisning då de i stället föredrar påståendet 'mutation'. Denna skillnad mellan för- och eftertest är signifikant⁹.



Figur 7.4. Fördelningen av alternativval på Likert-skalan på förttest och eftertest (n=79)

Elevernas motiveringar till valet på Likert-skalan kategoriseras dels utifrån alternativa och vetenskapliga evolutionsidéer och dels utifrån acceptansen av de båda påståendena i uppgiften. Här redovisas samtliga elever i studien sammanslaget eftersom det inte är några signifikanta¹⁰ skillnader i fördelningen mellan alternativa och vetenskapliga idéer i elevernas motiveringar i de tre experimenten.

Tabell 7.6. Antal motiveringar inom olika kategorier i Likert-uppgiften om variationens uppkomst (n=79)

Motiveringskategori	Förttest	Eftertest
Vetenskapliga idéer; 3-5 komponenter	8	27
Vetenskapliga idéer; 2 komponenter	4	20
Utveckling, evolution, anpassning, allmänt	15	5
Behov, tvång	34	11
Annat	16	11
Blank/Vet ej	2	5

⁷ Chi2-test; 2*3 tabell; förttest p(exp1 vs exp2)=0,976; p(exp1 vs exp3)=0,889; p(exp2 vs exp3)=0,970; eftertest p(exp1 vs exp2)=0,492; p(exp1 vs exp3)=0,565; p(exp2 vs exp3)=0,986

⁸ Chi2-test; 2*5 tabell; p(förttest)=0,629; p(eftertest)=0,954

⁹ Chi2-test; 2*3 tabell; p<<0,001***

¹⁰ Chi2-test; 2*2 tabell; förttest p(exp1 vs exp2)=0,566; p(exp1 vs exp3)=0,678; p(exp2 vs exp3)=0,676; eftertest p(exp1 vs exp2)=0,847; p(exp1 vs exp3)=0,379; p(exp2 vs exp3)=0,446

Däremot skiljer sig fördelningen över kategorierna sig signifikant¹¹ mellan för- och eftertest i tabell 7.6.

När det gäller evolutionsidéer motiverar de flesta eleverna (49 st) sitt val med resonemang om behov eller allmän utveckling i förtestet (tabell 7.6). Här är den betydelse eleven lägger i 'behov' avgörande för om detta val är vetenskapligt acceptabelt eller ej. Resonerar eleven så att innebörden blir en behovsstyrd evolution är det inte i överensstämmelse med evolutionsteorin, men använder de 'behov' annorlunda kan resonemanget vara det. Antalet elever som i sina motiveringar använder vetenskapliga idéer ökar från 12 i förtestet till 47 i eftertestet.

I tabell 7.7 visas hur samtliga elever i de tre experimenten kategoriseras utifrån acceptansen av de båda påståendena.

Tabell 7.7. Kategorisering av elevernas motiveringar av valet på Likert-skalan. I tabellen visas antal elever i de olika kategorierna i för- och eftertest ($n_{\text{förtest}}=77$; $n_{\text{eftertest}}=74$)

	Accepterar EJ behov		Nämner ej behov		Accepterar behov	
	För	Efter	För	Efter	För	Efter
Accepterar mutation	4	12	6	30	20	18
Nämner ej mutation		1	17	7	22	6
Accepterar EJ mutation			4		4	

Antalet elever som accepterar påståendet 'mutation' ökar från 30 i förtestet till 60 i eftertestet. Av dessa visar 4 elever på förtestet och 12 på eftertestet att de samtidigt inte accepterar behovspåståendet. I förtestet finns elever som i sina motiveringar inte accepterar mutationspåståendet, ingen elev resonerar på detta sätt i eftertestet.

Elev 199: ... Visserligen kan det vara bra att ha simhud om man lever i vatten men det var inte i något syfte som simhud uppkom. Det uppkom helt enkelt av en slump och visade sig vara en fördel som gjorde att änderna med simhud klarade sig bättre och därför också kunde föröka sig bättre. (Exp3; eftertest; Likertskalan 5; rang 8)

¹¹ Chi2-test; 2*6 tabell; $p < 0,001$ ***

Elev 28: ... *Jag tror inte att det uppkom av en slump. Om det gjorde det så kunde ju vem som helst få simhud mellan fötterna. Jag tror att de behövde det och utvecklade därför det.* (Exp1; förtest; Likertskalan 1; rang 3)

Antalet elever som accepterar behovspåståendet minskar ungefär med hälften från 46 i förtestet till 24 i eftertestet. I båda testen finns elever som kategoriseras till att acceptera båda påståendena:

Elev 12: *Mutationen uppkom utav slump men fenomenet levde vidare eftersom att simhud är fördelaktigt i vatten.* (Exp1; förtest; Likertskalan 3; rang 6)

Elev 30: *Det uppkom mutationer av slumpskäl, men eftersom de levde i vatten gynnades de med simhud av det naturliga urvalet. Båda påståendena är alltså lika korrekta!* (Exp1; förtest; Likertskalan 3; rang 7)

Elev 24: *Det sker slumpvis, men det som behövs har man kvar.* (Exp1; eftertest; Likertskalan 4; rang 6)

Dessa tre motiveringar är exempel på resonemang där eleverna använder 'behov' på ett sätt som är vetenskapligt acceptabelt. Det gör 12 elever på förtestet och 19 på eftertestet.

Flervalsuppgift om befintlig variation

Ett antal myggpopulationer är numera resistenta mot DDT (en kemikalie som används för att döda insekter), vilket medfört att DDT-behandlingen inte är lika effektiv som tidigare. Biologer anser att DDT-resistensen har utvecklats på grund av:

1	<i>Enskilda myggor utvecklade DDT-resistens efter att ha blivit utsatta för medlet.</i>
2	<i>Myggpopulationerna behövde bli DDT-resistenta för att kunna överleva.</i>
3	<i>Några få myggor var troligen DDT-resistenta redan innan medlet började användas.</i>
4	<i>Myggpopulationerna blev DDT-resistenta av en slump.</i>

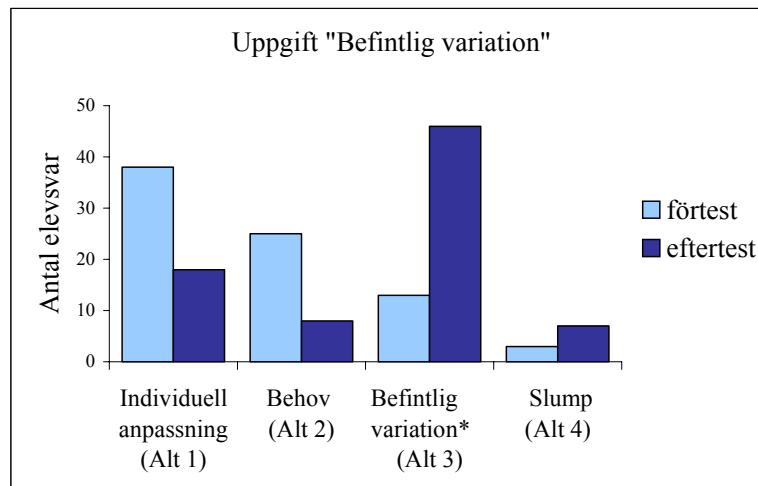
Välj det påstående som passar bäst med vad du anser!

I figur 7.5 visas samtliga elevers val av svarsalternativ, eftersom det inte är några signifikanta¹² skillnader mellan de tre experimenten. Det är inte heller någon signifikant¹³ skillnad mellan män och kvinnor. Däremot väljer eleverna signifikant annorlunda på eftertestet jämfört med förtestet¹⁴. Antalet elever som väljer det mest vetenskapliga alternativet 'befintlig variation' ökar från 13 till 46. Sammanlagt över de tre experimenten är det fyra elever som byter från det vetenskapliga alternativet i förtestet till ett av de alternativa i eftertestet.

¹² Chi2-test; 2*2 tabell; förtest p(exp1 vs exp2)=0,283; p(exp1 vs exp3)=0,735; 2*4 tabell p(exp2 vs exp3)=0,421; eftertest p(exp1 vs exp2)=0,457; 2*2 tabell p(exp1 vs exp3)=0,592; p(exp2 vs exp3)=0,095

¹³ Chi2-test; 2*4 tabell; p(förtest)=0,361; p(eftertest)=0,566

¹⁴ Chi2-test; 2*4 tabell; p<<0,001**



Figur 7.5. Antal svar fördelade över de olika alternativen på för- respektive eftertest (n=79)

Öppen uppgift om variationens uppkomst

Denna uppgift fick eleverna i prov respektive hemtentamen:

Levande varelser uppvisar en mängd olika egenskaper. Hur har denna enorma variation uppkommit?

I undervisningen hade mutationer och omkombinationer av genetiskt material tagits upp som orsaker till variationens uppkomst. I slutprov eller hemtentamen har 73 % av eleverna med mutationer och 15 % omkombinationer, som enda eller en av anledningarna till variationens uppkomst.

Begreppet anpassa används av 30 elever i resonemangen om variationens uppkomst. Ungefär en tredjedel av dessa använder begreppet korrekt. En tredjedel resonerar om 'behov'. De blandar denna alternativa idé med vetenskapliga på ett sådant sätt att det inte klart framgår om resonemanget är vetenskapligt eller ej. Tre elever resonerar om 'strävan' i sina svar, som också innehåller också andra mer vetenskapliga idéer.

Elev 1: Det har hela tiden bildats nya arter som genom naturligt urval har anpassats till miljön och därmed har olika egenskaper uppkommit. Mutationer leder till förändring av arvsanlagen som också leder till förändrade egenskaper. (Exp1; slutprov)

Elev 109: Individer har i alla tider strävat efter att utvecklas och anpassas till den miljö de lever i... (Exp2; hemtentamen)

Elev 180: Det är en blandning mellan arv och miljö. Vissa miljöer kräver att exempelvis en giraff behöver lång hals (ex. bladen sitter högt). Giraffer med lite högre hals gynnas (de når bladen) och det naturliga urvalet gör att de klarar sig bättre och får fler avkommor med deras egenskaper. Charles Darwin kunde sin sak. (Exp3; slutprov)

En enda elev i hela studien resonerar om 'balans i naturen'. Han ger ett långt svar där även 'mutation' ingår. Så här lyder den mening där 'balans i naturen' ingår:

Elev 122: ... *Varje däggdjur på denna planet skapar instinktivt en balans med naturen... (Exp2; hemtentamen)*

I elevernas svar identifieras sex olika orsaker till variationens uppkomst; nämligen naturligt urval, mutationer, anpassning till miljön, artbildning, olika genuppsättning samt omkombinationer av genetiskt material (tabell 7.8). Endast fyra elever besvarar uppgiften med endast mutation eller slumpmässig mutation. Ingen elev besvarar med endast orsakerna mutation och omkombination av genetiskt material. De tre vanligaste orsakerna finns med i ungefär tre fjärdedelar av samtliga elevsvar och de övriga tre orsakerna finns med i mindre än hälften av alla svar. Antalet orsaker per svar varierade mellan ett och fem och medelvärdet är tre orsaker per svar.

Tabell 7.8. Andelen elevsvar i procent som innehåller en viss orsak till variationens uppkomst i de tre experimenten

	Exp1	Exp2	Exp3
Naturligt urval	88	58	83
Mutationer	80	74	61
Miljöanpassning	70	74	78
Artbildning	40	26	50
Olika genuppsättning	8	53	11
Omkombinationer	5	37	17

Elev 124: *Att det finns stor variation beror främst på två orsaker: slumpvisa mutationer i könscellerna och omkombinationer vid befruktelsen. Sen finns det andra faktorer som spelar roll: strålning miljögifter osv. Det naturliga urvalet, miljön och fienderna spelar också stor roll. T ex salamandrarna i Kalifornien, de var av samma art men utseendemässigt var de ganska olika eftersom de inte levde på samma miljö. Med tiden så överlevde endast de som var guldfärgade i ökenlandskap medan de som var fläckiga överlevde bäst områden med mycket vegetation eftersom deras respektive kamouflering skyddade dem och de slapp bli uppätta. Så blev de mer avskilda från varandra p.g.a. miljön. På så sätt uppstod variationer. (Exp2; hemtentamen; Fem orsaker: Mutation, omkombination, naturligt urval, artbildning och miljöanpassning)*

Elev 43: *Den har uppkommit genom mutationer, förändringar i arvsanlagen. (Exp1; slutprov; En orsak: Mutation)*

Sammanfattning och diskussion

Det framgår att majoriteten av eleverna innan undervisningen hade alternativa idéer om variationens uppkomst och befintlig variation. Ett år efter undervisningen ser bilden helt annorlunda ut. Majoriteten av har nu ändrat sig och väljer de mer vetenskapliga svarsalternativen. Att mutationer är orsaken till variationens uppkomst verkar relativt oproblematiskt för eleverna att acceptera efter undervisning. Det visar även Jensen och Finley (1995). I undervisningssekvensen hade vi tagit fasta på rekommendationer från Bishop och Anderson (1990) och explicit delat in evolutionen i två processer; variationens uppkomst och naturligt urval. Deras forskning visar att eleverna inte var medvetna om den befintliga variationen utan ser evolution som en behovsdriven anpassningsprocess. Förtestresultaten visar att våra elever hade liknande alternativa idéer. Hela 80 % av eleverna väljer i förtestet något av de två alternativ som representerar dessa uppfattningar på flervalsuppgiften om befintlig variation.

På uppgifterna om variationens uppkomst visar det sig att det finns elever som överhuvudtaget inte accepterar slumpmässiga förändringar innan undervisning. Få elever väljer slumpalternativet på uppgiften om befintlig variation. Deadman och Kelly (1978) finner att eleverna i deras studie (11 – 14 år) mycket sällan använder sig av slumpmässighet och Greene (1990) finner bland sina universitetsstudenter uppfattningen att när naturen förändras så gör den det inte slumpmässigt.

Ett intressant resultat är de olika betydelser eleverna lägger i 'behov'. Många artiklar om elevers förståelse av evolutionsteorin tar upp behovsdriven evolution som en vanligt förekommande alternativ idé (t.ex. Deadman & Kelly 1978; Brumby, 1981; 1984; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985a; Bishop & Anderson, 1990; Greene, 1990; Bizzo, 1994; Demastes, Good et al., 1995; Demastes et al., 1996; Anderson et al., 2002). Åtskilliga elever i vår studie använder dock 'behov' på ett vetenskapligt acceptabelt sätt, några redan i förtestet. Ett resonemang innehållande 'behov' behöver alltså inte betyda att eleven har en syn på evolutionen som behovsstyrd. Det finns risk att ett resonemang innehållande 'behov' kategoriseras som alternativa evolutionsidéer bara genom användandet av termen. Lijnse (1995) påpekar vikten av att vi anstränger oss att förstå vilken innebörd eleverna lägger i en viss term.

I vår undervisning har vi ofta använt den 'funktionella' betydelsen av variation i evolutionssammanhang enligt definition av Greene (1990). Jag anser att det stora steget att ta då det gäller att förstå evolutionsteori är att inse att

det överhuvudtaget finns befintlig variation, må så vara i endast en egen-
skap.

På den öppna uppgiften om variationens uppkomst i prov/hemtentamen svarar eleverna oftast mycket utförligt och verkar välja att ta med det mesta av evolutionsteorin. Denna uppgift ger stort tolkningsutrymme åt eleven. På vilken organisationsnivå ser eleverna orsakerna till variationens uppkomst? Följande nivåer är möjliga: DNA-molekyl, gen, kromosom, cell, individ, population, art eller ekosystem. Beroende på vilken nivå eleven avser kan flera olika orsaker vara adekvata. Dessutom vet jag inget om i vilket tidsperspektiv eleven besvarar uppgiften. Att både tid och nivåer medför problem när man ska tolka evolutionsresonemang vittnar bland andra Zetterqvist (2003) om. Många författare har uppmärksammat att tidsaspekten är svår vid lärande av evolutionsteorins effekter (Brumby, 1981; Tamir & Zohar, 1991; Smith et al., 1995; Ferrari & Chi, 1998; Dodick & Orion, 2003). Keown (1988) menar att exempel som DDT resistens visar på evolution i ett mycket kortsiktigt tidsperspektiv.

I undervisningen togs variationens uppkomst upp i samband med genetikresonemang på DNA-molekyl-, gen-, kromosom- eller cellnivå. Ingen elev har endast med de två orsakerna, mutation och omkombination, som är de orsaker som togs upp i detta sammanhang. De flesta eleverna svarar med processer från flera organisationsnivåer.

För att göra en jämförelse med uppgifterna om variationens uppkomst i för- och eftertest undersöks förekomsten av de alternativa idéerna 'behov', 'strävan' och 'balans' i prov/hemtentamen. Få elever har med dessa idéer och alltid i kombination med någon vetenskaplig orsak. Alternativen 'strävan' och 'balans' finns med i förtestet, men är sällsynta på eftertestet. Alternativet 'behov' finns med i större utsträckning både i prov och i eftertest. Även på provet finns exempel där användningen inte nödvändigtvis står i strid med evolutionsteorin. Att begreppet 'anpassa' är svårt för eleverna att använda evolutionärt korrekt framkommer i flera av dessa uppgifter.

7.5 Tema arv

En Likertuppgift med motivering belyser detta tema. Den har getts på såväl för- som eftertest. Avgivna elevsvar redovisas och diskuteras.

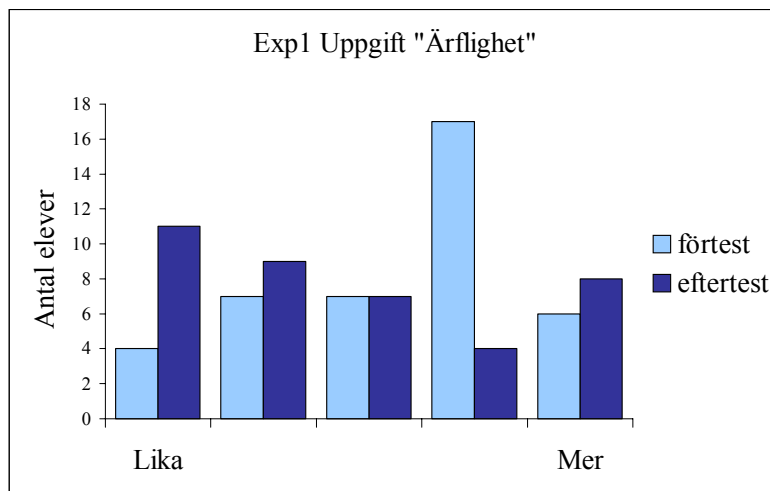
Likert-uppgift om ärfthlighet

Under tiden som simhud utvecklades hos änderna fick de flesta ändar:

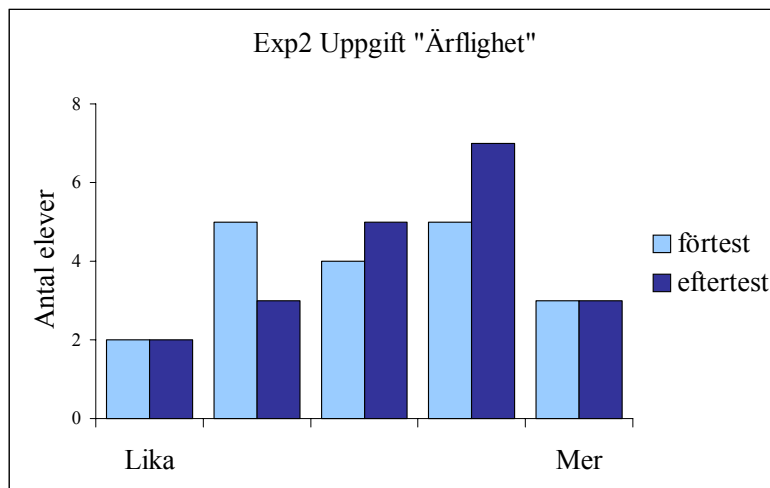
<i>ungefär lika mycket simhud som sina föräldrar</i>	1	2	3	4	5	<i>lite mer simhud än sina föräldrar</i>
--	---	---	---	---	---	--

Varför valde du detta svarsalternativ?

Figur 7.6, 7.7 och 7.8 visas elevernas val på Likertskalan i de tre experimenten. Det är endast i exp1 som eleverna väljer signifikant¹⁵ annorlunda på eftertestet jämfört med förtestet. Val av påstående på Likert-skalan skiljer sig inte signifikant¹⁶ åt mellan könen.



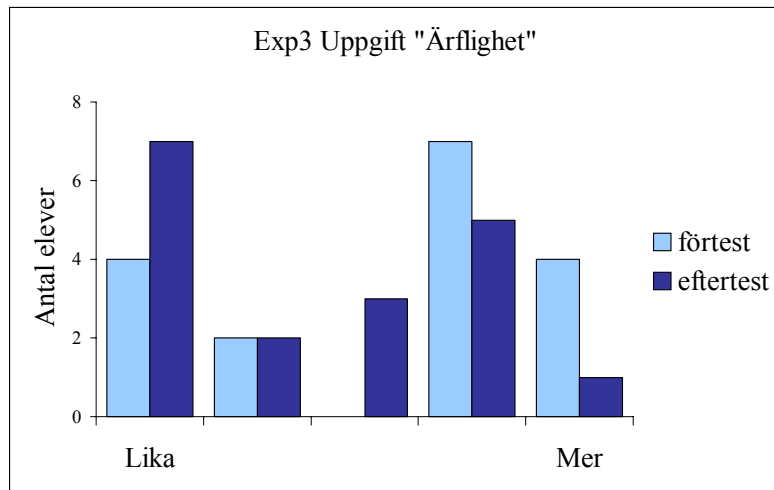
Figur 7.6. Fördelningen av elevernas val på Likertskalan för exp1 på för- och eftertest (n=41)



Figur 7.7. Fördelningen av elevernas val på Likertskalan för exp2 på för- och eftertest (n=20)

¹⁵ Chi2-test; 2*5 tabell; p=0,02*

¹⁶ Chi2-test; 2*5tabell; p(förtest)=0,563; p(eftertest)=0,722



Figur 7.8. Fördelningen av elevernas val på Likert-skalan för exp3 på för- och eftertest (n=18)

Elevernas motiveringar kategoriseras oberoende av valet på Likert-skalan. I tabell 7.9 visas resultatet från denna kategorisering.

Tabell 7.9. Antal motiveringar i de olika kategorierna till Likert-uppgiften om ärftlighet (n=79)

Motiveringskategori	Förttest	Eftertest
Variation och naturligt urval	5	14
Arv/mutation	8	16
Variation	5	14
Gradvis utveckling	43	20
Miljöanpassning	9	1
Allmänt konstaterande	3	2
Blank/Vet ej	6	12

Det finns inga signifikanta¹⁷ skillnader mellan de tre experimenten avseende fördelningen mellan alternativa och vetenskapliga idéer i elevernas motiveringar varför resultatet redovisas sammanslaget. Det finns däremot en signifikant¹⁸ skillnad i fördelningen över kategorierna mellan för- och eftertest som visas i tabell 7.9. På förtestet motiverar ungefär två tredjedelar av eleverna sitt val med ett resonemang om gradvis utveckling eller miljöanpassning. På eftertestet har andelen minskat till ungefär en fjärdedel.

Elev 43: *Om inte ungarna skulle få mer simhud än sina föräldrar skulle inte simhud utvecklas.* (Exp1; förtest; Likertskalan 4; rang 3)

Elev 185: *För att jag tror att de fick lite mer simhud än sina föräldrar eftersom det är evolution vi pratar om och då måste de ju utvecklas.* (Exp3; eftertest; Likertskalan 4; rang 3)

¹⁷ Chi2-test; 2*2 tabell; förtest p(exp1 vs exp2)=0,410; p(exp1 vs exp3)=0,556; p(exp2 vs exp3)=0,836; eftertest p(exp1 vs exp2)=0,588; p(exp1 vs exp3)=0,636; p(exp2 vs exp3)=0,310

¹⁸ Chi2-test; 2*7 tabell; p<<0,001***

Knappt en fjärdedel av eleverna resonerar om variation, arv, mutation eller naturligt urval på förtestet. Denna andel ökar på eftertestet till drygt hälften av eleverna.

Elev 25: *Det e nog mer slumpmässig större skillnader än gradvis förändring.* (Exp1; förtest; Likertskalan 2; rang 6)

Elev 108: *Varför skulle de få mer än sina föräldrar?! (Exp2; förtest; Likertskalan 1; rang 5)*

Elev 191: *Fick ungefär lika mycket simhud som sina föräldrar, med skillnaden med att det uppstod mutationer även här, till det bättre då (men även till det sämre), men de bättre fick alltså lite mer simhud. Dessa hade lite lättare att skaffa mat och därför överlevde de lättare.* (Exp3; eftertest; Likertskalan 2; rang 8)

Elev 115: *Jag tror på detta eftersom de ärver de gener som föräldrarna har och om de har mycket simhud mellan tårna så får barnen det också.* (Exp2; eftertest; Likertskalan 2; rang 7)

Diskussion

Anledningen till att endast eleverna i exp1 väljer signifikant mer vetenskapligt på eftertestet skulle kunna vara att de, i motsats till de i exp2 och exp3, påbörjat sina genetikstudier. Men deras motiveringar till valen är inte signifikant annorlunda än de eleverna i exp2 och exp3 gör.

Uppgiften lockar elever, som tänker sig en gradvis utveckling av samtliga individer, att välja påståendet 'mer', men de flesta änder får ungefär lika mycket simhud som sina föräldrar. Hur sker då utveckling mot mer simhud? Vi utgår från att det inom andpopulationen finns en befintlig variation i egenskapen simhudstorlek. Denna egenskap är ärftlig. De änder som har mycket simhud har fördelar, som leder till större reproduktionsframgång jämfört med änder som har mindre simhud. Detta medför att andelen änder med mycket simhud kommer att öka successivt i populationen. Troligtvis bestäms egenskapen simhudstorlek av flera gener vilket dessutom medför att omkombinationer kan öka storleken hos avkomman. Eventuellt kan det också ske en fördelaktig mutation om tiden är evolutionärt lång.

På förtestet väljer ungefär hälften av eleverna närmare påståendet 'mer', men hela två tredjedelar resonerar om gradvis utveckling eller miljöanpassning i sina motiveringar. Här återkommer samma resonemang som vid diskussionen om orsak till populationsförändringar, nämligen att utvecklingen är en process där arten eller individerna anpassar sig till miljön genom gradvisa förändringar. Andelen elever som har vetenskapligt acceptabla motiveringar till ärftligheten ur ett evolutionärt perspektiv på eftertestet var drygt hälften jämfört med knappt en fjärdedel på förtestet.

7.6 Tema naturligt urval

Inom detta tema finns två uppgifter som efterfrågar orsaken till populationsförändringar. Båda har getts på såväl för- som eftertest. Elevernas svar sammanfattas och diskuteras.

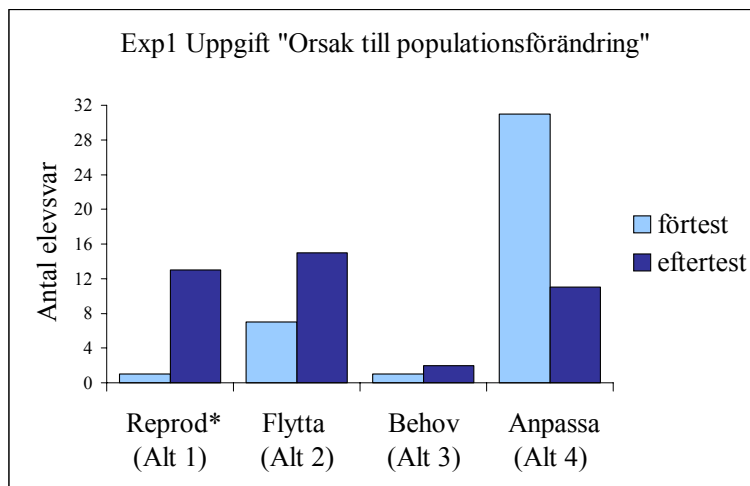
Flervalsuppgift om orsak till populationsförändringar

Vilket av följande alternativ förklarar bäst förändringar hos en population med tiden?

1	<i>Vissa individer är bättre på att föröka sig än andra.</i>
2	<i>Vissa individer svälter ihjäl, medan andra överlever genom att flytta till nya områden.</i>
3	<i>Organ och strukturer som behövs utvecklas.</i>
4	<i>Individer kan anpassa sig för att överleva.</i>

Välj det påstående som passar bäst med vad du anser!

Figur 7.9, 7.10 och 7.11 visar hur eleverna i de tre experimenten väljer svarsalternativ på för- respektive eftertest. Majoriteten av eleverna i alla tre experimenten väljer på förtestet svarsalternativet 'anpassa' (alternativ 4), men på eftertestet är det betydligt färre som gör detta. I exp1 skiljer sig fördelningen av elevernas val mellan för- och eftertest signifikant¹⁹ åt. Resultaten i de två andra experimenten gör inte det. Det finns inga signifikanta²⁰ skillnader i val av svarsalternativ mellan könen.

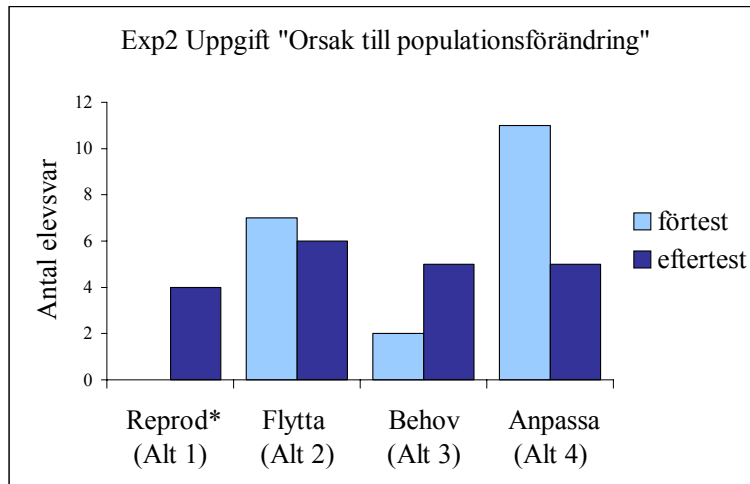


Figur 7.9. Antalet svar fördelade över de olika alternativen på för- respektive eftertest för exp1 (ett blankt svar på förtestet)(n=41)

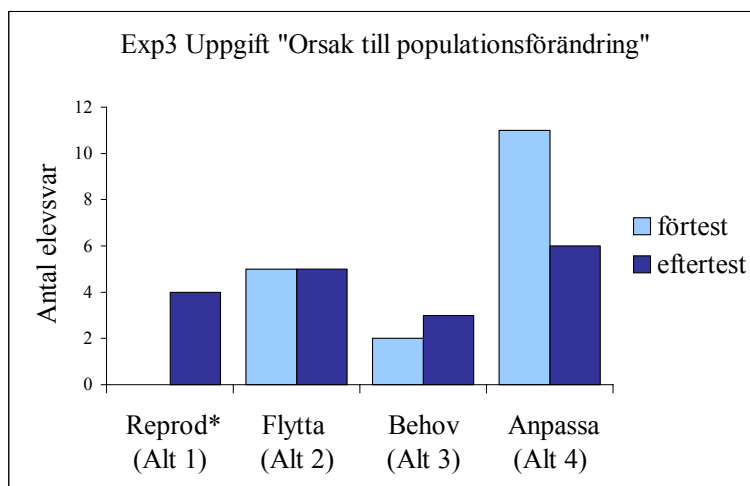
¹⁹ Chi2-test; 2*4 tabell; $p < 0,001$ ***

²⁰ Chi2-test; 2*3 tabell; $p(\text{förtest})=0,920$; 2*2 tabell; $p(\text{eftertest})=0,894$

I undervisningen togs det evolutionära begreppet anpassa upp, där individuell anpassning inte ingår.



Figur 7.10. Antalet svar fördelade över de olika alternativen på för- respektive eftertest för exp2 (n=20)



Figur 7.11. Antalet svar fördelade över de olika alternativen på för- respektive eftertest för exp3 (n=18)

Reproduktionsalternativet (alternativ 1) är det mest korrekta, men även det om flyttning (alternativ 2) kan vara evolutionärt rimligt. Men som framgår är det långt ifrån alla elever som direkt förknippar reproduktionsframgång med evolutionära populationsförändringar. På förtestet väljer endast en elev i exp1 detta alternativ och på eftertestet totalt 21 elever. Andelen elever som väljer något av alternativen 'reproduktion' och 'flytta' i eftertestet är ungefär två tredjedelar av eleverna i exp1 och ungefär hälften i exp2 och exp3.

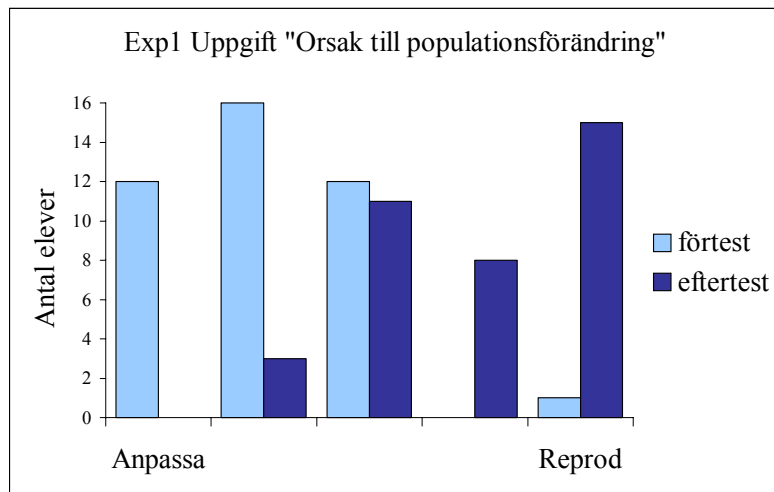
Likert-uppgift om orsak till populationsförändringar

Simhud utvecklades hos de tidiga änderna eller deras förfäder på grund av att:

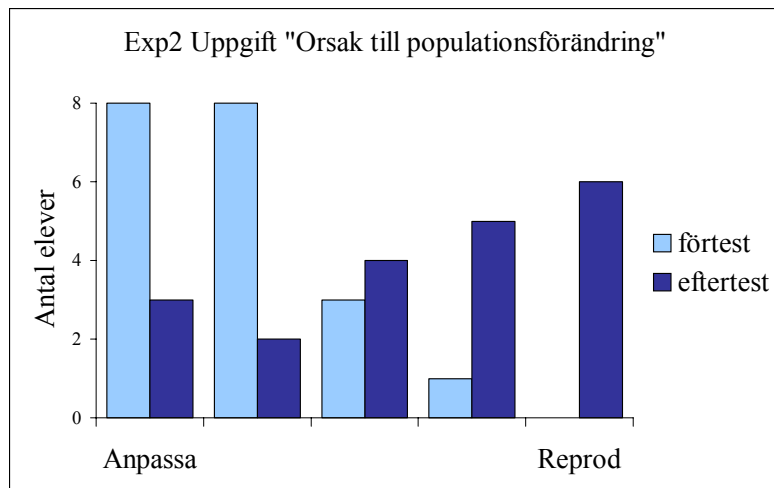
<i>vissa ändrar anpassade sig till sin akvatiska miljö</i>	1	2	3	4	5	<i>vissa ändrar dog eller fick mindre avkomma</i>
--	---	---	---	---	---	---

Varför valde du detta svarsalternativ?

Figur 7.12, 7.13 och 7.14 visas fördelningen av elevernas val på Likertskalan.

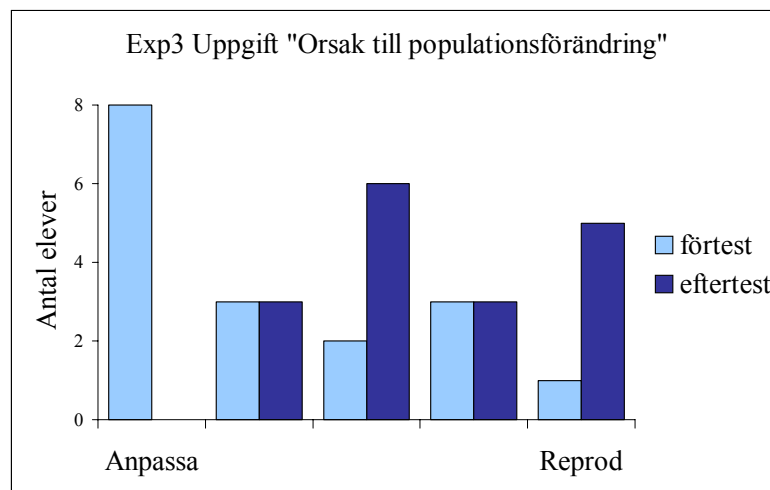


Figur 7.12. Fördelningen av elevernas val på Likertskalan för exp1 på för- och eftertest (n=41)



Figur 7.13. Fördelningen av elevernas val på Likertskalan för exp2 på för- och eftertest (n=20)

Fördelningen av elevernas val skiljer sig signifikant²¹ åt på förtestet mellan exp1 och exp3. Inga andra jämförelser vare sig på förtestet eller på eftertestet var signifikanta. Fördelningen skiljer sig dock åt mellan för- och eftertest i alla tre experimenten²². Det finns inga signifikanta²³ skillnader mellan könen. Även på denna uppgift visar det sig att eleverna klart väljer mot påståendet 'anpassa' innan undervisningen. Påståendet 'anpassa' är även på denna uppgift formulerat på ett sätt som inte överensstämmer med den evolutionära innebörden. Till skillnad från förra uppgiften besvarar eleverna i alla tre experimenten denna uppgift signifikant mer vetenskapligt på eftertestet. Den något annorlunda formuleringen av reproduktionspåståendet som också innefattar överlevnadskomponenten tycks medföra att eleverna väljer detta påstående mer frekvent än reproduktionsalternativet i flervalstuppgiften. Observera att dessa båda uppgifter inte kom i direkt anslutning till varandra på något av testen.



Figur 7.14. Fördelningen av elevernas val på Likertskalan för exp3 på för- och eftertest (n=18)

Elevernas motiveringar till valet av alternativ på Likertskalan kategoriseras oberoende av detta val. I tabell 7.10 visas resultatet från denna kategorisering. Det är ingen signifikant²⁴ skillnad mellan elevernas motiveringar i de tre experimenten i fördelningen mellan alternativa och vetenskapliga idéer varför resultatet redovisas sammanlagt. Mellan för- och eftertest är det signifikant²⁵ skillnad mellan fördelningarna över kategorierna som visas i tabell 7.10.

²¹ Chi2-test; 3*2 tabell; p=0,02*

²² Chi2-test; 2*3 tabell; p_{exp1}<<0,001***; p_{exp2}<<0,001***; p_{exp3}= 0,02*

²³ Chi2-test; 2*5 tabell; p(förtest)=0,669; 2*4 tabell; p(eftertest)=0,105

²⁴ Chi2-test; 2*2 tabell; förtest p(exp1 vs exp2)=0,279; p(exp1 vs exp3)=0,668; p(exp2 vs exp3)=0,877; eftertest p(exp1 vs exp2)=0,588; p(exp1 vs exp3)=0,196; p(exp2 vs exp3)=0,083

²⁵ Chi2-test; 2*6 tabell; p<<0,001***

Tabell 7.10. Antal elevmotiveringar i de olika kategorierna till Likert-uppgiften om orsak till populationsförändring (n=79)

Motiveringskategori	Förtest	Eftertest
Vetenskapliga idéer; 3-5 komponenter	7	29
Vetenskapliga idéer; 2 komponenter	13	17
Utveckling, evolution, anpassning, allmänt	27	10
Behov, tvång	12	3
Annat	13	9
Blank/Vet ej	7	11

Exempel på motiveringarna som kategoriseras till 'annat':

Elev 179: *Ja de måste de ju ha gjort. Annars skulle de inte fått nån simhud.* (Exp3; förtest; Likertskalan 1; rang 3)

Elev 187: *Slumpmässig mutation är svaret.* (Exp3; eftertest; Likertskalan 3; rang 4)

På förtestet motiverar ungefär hälften av eleverna sitt val med idéer om behov, tvång eller med ett allmänt utvecklingsresonemang. På eftertestet är antalet elever som ger denna typ av motiveringar betydligt lägre.

Elev 200: *Jag anser att dom antagligen inte hade något val. Dom var helt enkelt tvungna att utveckla simhud på grund av att annars skulle arten dö ut.* (Exp3; förtest; Likertskalan 2; rang 3)

Elev 11: *Hela evolutionsteorin går ju ut på att varelserna anpassar sig till sin livsmiljö och eftersom den ändras hela tiden så ändras individerna.* (Exp1; förtest; Likertskalan 1; rang 3)

Elev 120: *Det är ju så att man utvecklar olika egenskaper för att kunna leva i den miljö man är. Det tycks ju vara bäst att ha simhud när man lever i sjön om man ska jämför med några andra fåglar som är släkt med de och inte behöver någon simhud alls på grund av deras levnadssätt och den miljön de lever i.* (Exp2; eftertest; Likertskalan 1; rang 3)

På förtestet innehåller en fjärdedel av motiveringarna vetenskapliga idéer. Dessa ökar till drygt hälften av elevmotiveringarna på eftertestet.

Elev 2: *De ändrar som simmar bättre får mer mat och kan leva ett smidigare liv. Mindre mat bidrar till mindre avkomma, och i en del fall döden. Därför så blev allt större del av arten ändrar med simhud.* (Exp1; förtest; Likertskalan 3; rang 8)

Elev 10: *Summan av det hela blev visserligen att de är anpassade till sin akvatiska miljö, men det får inte tolkas som om de hade det som ett bestämt mål. De ändrar som överlevde var de som klarade sig bäst i denna miljö, och de spred då sina gener vidare, emedan de som 'var dåligt anpassade' dog eller fick mindre avkomma.* (Exp1; eftertest; Likertskalan 5; rang 8)

Andelen elever som använder begreppet 'anpassa' i sina motiveringar till Likert-uppgiften halverades nästan mellan för- och eftertest. På förtestet använde ingen elev begreppet korrekt och även på eftertestet är många formuleringar felaktiga eller tveksamma. Eftersom så pass få elever använ-

de termen på eftertestet är det svårt att veta hur elevernas förståelse av begreppet har utvecklats.

Sammanfattning och diskussion

Båda uppgifterna ovan visar på ett tydligt sätt att eleverna innan undervisningen förknippar termen 'anpassa' med evolution. Men de ser anpassning som den process som styr evolutionen och inte som resultat efter naturligt urval. Detta finner Brumby (1981) hos sina universitetsstudenter och De- adman och Kelly (1978) hos 11 – 14 år gamla elever. Även Bishop och Anderson (1990) finner att de flesta studenterna i deras undersökning har en förförståelse av evolutionen som en process där arten anpassar sig till miljön genom gradvisa förändringar hos alla individer. Halldén (1988) finner att eleverna använder anpassa som ett övergripande begrepp och skiljer inte mellan individers och arters anpassning. Det stämmer med resultatet i denna studie. Många elever resonerar dessutom om anpassning i behovs- termer. Samma sak fann Baalman et al. (1998).

'Anpassa' har i många studier visat sig vara ett evolutionärt besvärligt be- grepp (t.ex. Jungwirth, 1975; Brumby, 1981; Engel Clough & Wood- Robinson, 1985a; Bishop & Anderson, 1990) och så även i denna studie. Många elever använder begreppet felaktigt eller tveksamt även efter under- visningen. Dessutom använder färre elever termen i eftertestet vilket skulle kunna bero på osäkerhet i användningen av begreppet. Även Jensen och Finley (1995) finner att deras universitetsstudenter har svårigheter med be- greppet anpassa även efter undervisning. Sinclair et al. (1997) finner att nästan hälften av deras collegestudenter använder idén om individuell an- passning både i för- och eftertest. Förståelsen underlättas ju inte av att ter- men anpassa används både i vardagsspråk och inom biologin med olika innebörder.

7.7 Tema evolutionsteorin

Uppgifterna under detta tema ingick i testen för att undersöka elevernas kunnande om evolutionsteorin i sin helhet. I detta avsnitt redovisas och diskuteras resultaten av fem olika uppgifter, fyra öppna gepard-, säl-, björn- samt antibiotikauppgifterna, samt en flervalsuppgift med motivering, löss- uppgiften. På för- och eftertest finns geparduppgiften och resultaten presenteras både på grupp- och individnivå. Därefter presenteras resultaten på säl- respektive björnuppgiften från prov/hemtentamen. Jämförelser görs mellan elevprestationerna på förtest, prov/hemtentamen och eftertest för dessa uppgifter. I prov/hemtentamen ingick också antibiotikauppgiften. Lössupp-

giften ingick endast i eftertestet. Resultaten sammanfattas och diskuteras i slutet av avsnittet.

Geparduppgiften

Uppgiften redovisas i många vetenskapliga artiklar och lyder så här översatt till svenska:

Geparder kan springa fort, runt 100 km/h då de jagar. Hur skulle en biolog förklara hur egenskapen att springa fort har utvecklats, om man antar att geparden härstammar från förfäder som kunde springa runt 30 km/h?

Elevsvarens innehåll på gruppnivå

Först kategoriseras elevsvaren utifrån om de innehåller alternativa eller vetenskapliga idéer. Svaren med vetenskapliga idéer placeras i kategorin 'naturligt urval'. De övriga svaren delas in i olika kategorier utifrån vilka alternativa idéer de innehåller: allmän utveckling, behovsstyrd utveckling eller utveckling efter inläring. I tabell 7.11, 7.12 och 7.13 visas resultaten av denna första kategorisering.

Tabell 7.11. Kategorisering av svaren på geparduppgiften i för- och eftertest för exp1 (n=41).

Kategori	Förtest	Eftertest
Blank	1	0
Allmän utveckling	9	1
Behov	19	7
Inläring	1	1
Naturligt urval	11	32

Tabell 7.12. Kategorisering av svaren på geparduppgiften i för- och eftertest för exp2 (n=20).

Kategori	Förtest	Eftertest
Blank	1	0
Allmän utveckling	7	2
Behov	12	3
Inläring	0	0
Naturligt urval	0	15

Tabell 7.13. Kategorisering av svaren på geparduppgiften i för- och eftertest för exp3 (n=18).

Kategori	Förtest	Eftertest
Blank	1	0
Allmän utveckling	4	0
Behov	7	2
Inläring	1	0
Naturligt urval	5	16

I exp1 och exp3 har ungefär en fjärdedel av eleverna vetenskapliga idéer i sina svar redan på förtestet. I exp2 resonerar samtliga elever med alternativa idéer. Andelen svar med vetenskapliga idéer ökar i eftertestet till 78 %, 75 % respektive 89 %.

De vanligaste alternativa idéerna i förtestet är någon form av behovsstyrd utveckling. I eftertestet minskar andelen svar i kategorin. Flera av eleverna som fortfarande använder sig av denna idé har också med vetenskapliga termer.

Elev 26: *De har utvecklats, för att de behöver kunna springa fortare för att kunna fånga byten och kunna fly från faror.* (Exp1, förtest; rang 3)

Elev 9: *Det naturliga urvalet. För att överleva krävs det att man hela tiden utvecklas. Geparden utvecklades till att kunna springa snabbare eftersom den behöver det för att kunna överleva och skaffa föda.* (Exp1; eftertest; rang 4)

Många elever uttrycker i förtestet någon form av allmän utveckling av alla individer. Elevsvar med sådana idéer är betydligt färre i eftertestet, men eleven i exemplen nedan uttrycker sig även i eftertestet med liknande resonemang:

Elev 119: *Det har blivit en förändring, de har utvecklat genom tiden.* (Exp2; förtest; rang 3)

Elev 119: *Geparder har utvecklat mera och deras hastighet har mognat ut så därför springer dom som dom gör nu i den hastigheten. Det är samma sak med människor också om man ser bak i tiden så såg inte människor ut som de gör nu. Och nu så har människan mognat ut.* (Exp2; eftertest; rang 3)

Till denna kategori förs också några elevsvar där det är omöjligt att veta om eleven har vetenskapliga idéer eller ej.

Elev 1: *Naturligt urval (Exp1; eftertest; rang 4)*

Några få elever uttrycker idén om inläring eller förvärvade karaktärers utveckling:

Elev 193: *Ju längre man håller på med en grej och tränar på det ju bättre blir man på sin sak. Musklerna har utvecklats med viljan att springa snabbare och kunna fånga sina byten. Det finns vetenskapliga och biologiska bevis på gepardens utveckling av musklerna etc. men detta är min logiska hypotes.* (Exp3; förtest; rang 3)

Vid kategorisering av det vetenskapliga innehållet i elevsvaren analyseras vilka komponenter - 'variation', 'överlevnad', 'reproduktion', 'arv' respektive 'ackumulation' - som svaret innehåller. För att ett enskilt elevsvar ska betraktas som fullständigt och ge maximal rang (8) ska alla fem komponenterna ingå. Det vill säga att eleven i sitt svar ska föra ett resonemang om variation av egenskapen inom populationen och en skillnad i överlevnad och reproduktion mellan populationens individer med olika egenskaper. Dessutom ska svaret innehålla resonemang om egenskapens ärftlighet samt en ackumulation av andelen individer med egenskapen i populationen över tid. I tabell 7.14 visas andelen svar för både för- och eftertest där respektive komponent finns med i svaret.

Tabell 7.14. Andel elevsvar i procent där komponenten ingår i för- och eftertest för respektive experiment

Komponent	Exp1 (n=41)		Exp2 (n=20)		Exp3 (n=18)	
	Förtest	Eftertest	Förtest	Eftertest	Förtest	Eftertest
Variation	27	78	0	75	28	89
Överlevnad	29	80	0	75	28	89
Reproduktion	7	37	0	20	6	56
Arv	17	54	0	55	6	67
Ackumulation	15	44	0	20	17	67

I tabellen syns frånvaron av vetenskapliga idéer i förtestet i exp2 tydligt. Andelen elevsvar med vetenskapliga idéer ökar för varje komponent i eftertestet. Alla svar som innehåller komponenten 'variation' har också med överlevnadskomponenten. För att kategoriseras som vetenskapligt krävs att svaret innehåller åtminstone implicit ett resonemang om variation. Det måste alltså framgå att svaret utgår från i populationen befintlig variation. Däremot kan komponenten 'överlevnad' utelämnas om reproduktionskomponenten är med. Det fanns dock inget svar bland de totalt 158 (79 förtest och 79 eftertest) som kategoriserades så.

Bland de fem komponenterna finns reproduktionskomponenten i lägst frekvens i alla tre experimenten. Komponent 'arv', i detta sammanhang genetisk ärftlighet av egenskapen i fråga, finns med i drygt hälften av alla svar. Komponent 'ackumulation' av egenskapen finns med i varierande utsträckning i de tre experimenten.

Elevsvarens innehåll på individnivå

I resultaten ovan studerades elevsvaren kollektivt med avseende på innehåll av alternativa och vetenskapliga idéer. Nu övergår beskrivningen på hur elevernas rang på geparduppgiften förändras mellan för- och eftertest. I tabell 7.15, 7.16 och 7.17 ses resultaten för de tre olika experimenten. De elever som hamnar på rutorna i diagonalen har samma rang både på för- och eftertest. De elever som hamnar under diagonalen har lägre rang på eftertestet än på förtestet. Majoriteten av eleverna i de tre experimenten hamnar i rutorna över diagonalen, vilket innebär att de har högre rang på eftertestet. Den lägsta rang ett elevsvar med endast vetenskapliga idéer kan få är 5. Alla svar med denna rang innehåller de båda komponenterna 'variation' och 'överlevnad'. På förtestet får 4 elevsvar totalt i de tre experimenten rang 5 och på eftertestet är det 9 (se tabell 7.15, 7.16 och 7.17).

ELEVERS KUNNANDE –
metod, resultat och fortlöpande diskussion

Tabell 7.15. Antalet elever fördelade över rang på geparduppgiften, för- och eftertest, exp1.

Exp1		Förtest								
Eftertest	rang	1	2	3	4	5	6	7	8	Σ
	8			2	1	1	1	2		7
	7			4	4	1	1	2		12
	6			4	3		2			9
	5			3	1					4
	4	1		6	1		1			9
	3									
	2									
	1									
	Σ		1		19	10	2	5	4	

Tabell 7.16. Antalet elever fördelade över rang på geparduppgiften, för- och eftertest, exp2.

Exp2		Förtest								
Eftertest	rang	1	2	3	4	5	6	7	8	Σ
	8			2						2
	7	1		2						3
	6			6						6
	5			4						4
	4			2	1					3
	3			2						2
	2									
	1									
	Σ		1		18	1				

Tabell 7.17. Antalet elever fördelade över rang på geparduppgiften, för- och eftertest, exp3.

Exp3		Förtest									
		rang	1	2	3	4	5	6	7	8	Σ
Eftertest	8				1		2		2		5
	7				5	2			1		8
	6				2						2
	5				1						1
	4										
	3		1			1					2
	2										
	1										
Σ			1		10	2	2	1	2		18

Två elevsvar med rang 5:

Elev 192: *Det är bara de som kan springa fort som överlever. Det är som vi avlar fram ett djur, fast nu sköter naturen det.* (Komponenterna: Variation och överlevnad) (Exp3; förtest)

Elev 193: *Förmodligen har gepardens förfäder haft svårt för att jaga och överleva med den snabbheten. Så någon gång på vägen har det hänt mutationer som gynnar geparden, att bli snabbare. De geparderna som var snabbare överlevde lättare än de som var långsammare.* (Komponenterna: Variation och överlevnad) (Exp3; eftertest)

Elev 193 har på förtestet rang 3 och elevsvaret finns citerat på sid. 143 som exempel på det fåtal elever som uttrycker idén om inläring eller förvärvade karaktärs utveckling. Samtliga elever vars svar på eftertestet får rang 5 har uteslutande alternativa idéer om evolutionsteorin i förtestet.

På förtestet får inget elevsvar den maximala rangen 8, jämfört med 14 (18 %) på eftertestet.

Elev 198: *De geparder som kunde springa fortare än andra geparder hade en fördel gentemot de andra som gjorde att de hade större chans att överleva (skaffa mat) och därför också producera avkomma. Eftersom snabbspringande geparder fick fler ungar blev deras gener vanligare och vanligare för varje generation, och alltså springer geparder i allmänhet snabbare och snabbare eftersom det hela tiden är de som springer snabbast som får avkomma. Skillnaden mellan olika geparder uppkommer genom omkombinationer och mutationer i generna.* (Exp3; eftertest)

De övriga elevsvaren med vetenskapliga idéer får rang 6 eller 7 och saknar två respektive en komponent. Totalt i hela studien utgjorde denna grupp 12 elevsvar på förtestet och 40 elevsvar på eftertestet.

Elev 109: *Det naturliga urvalet har gynnat de geparder som kunde springa lite fortare är de andra. Alltså har de geparder klarat sig mycket bättre genom att kunna jaga mat. Det har då blivit de som klarat sig och kunnat föröka sig.* (Komponenterna: Variation, överlevnad och reproduktion) (Exp2; eftertest; rang 6)

Elev 21: *De snabbaste geparderna har lättare att skaffa föda, de långsammare får det svårare pga. av sin något sämre löpningsförmåga. De snabbaste överlever och får då mer avkommor som kan föra generna vidare.* (Alla komponenter utom ackumulation) (Exp1; eftertest; rang 7)

Elev 191: *För att skaffa sig föda i en tid då jakt spelade en stor roll, då var de främst de förfäderna som sprang snabbast som överlevde, de kunde skaffa sig mest föda. Detta medförde att de förfäder med de bästa anlagen för att springa fort och för jakt överlevde, och som en följd av det också förde sina anlag vidare. Med tiden när dessa förfäder fört de snabbt springande anlagen vidare så var geparden uppe i 100 km/h.* (Alla komponenter utom reproduktion) (Exp3; eftertest; rang 7)

Säl- och björnuppgifterna

På det skriftliga provet direkt efter undervisningen i exp1 och exp3 finns en öppen evolutionsuppgift liknade geparduppgiften. Denna kallas säluppgiften:

Sälar kan befinna sig under vattnet utan att andas i nästan 45 minuter, då de jagar efter fisk. Hur skulle en biolog förklara hur denna egenskap, att hålla andan länge, har utvecklats? Man antar att sälens förfäder kunde stanna under vatten bara några minuter.

Undervisningsperioden i exp2 avslutas istället med en hemtentamen. På denna ingår den öppna björnuppgiften:

Använd dina kunskaper om evolutionens mekanismer för att skriva: 'Sagan om hur isbjörnen fick sin vita färg'

'Det var en gång många bruna björnar...'

Dessa två uppgifter kategoriseras på samma sätt som geparduppgiften, det vill säga först utifrån innehåll av alternativa respektive vetenskapliga idéer. Därefter kategoriseras de alternativa svaren utifrån vilken idé de tolkas representera. Vidare analyseras de vetenskapliga svaren utifrån hur många av de fem olika komponenterna, 'variation', 'överlevnad', 'reproduktion', 'arv' och 'ackumulation', de innehåller.

Kategorisering

I tabell 7.18 visas elevsvarens rang på slutprovet respektive hemtentamen. Samtliga elever i exp1 besvarar provuppgiften med vetenskapliga idéer (rang 5 och däröver). Motsvarande andel i exp2 är 75 % och i exp3 89 %.

Tabell 7.18. Andelen svar (i procent) på slutprovet resp. hemtentamen fördelade över rang.

Rang	Exp1 (n=40)	Exp2 (n=20)	Exp3 (n=18)
8	40	25	56
7	48	40	28
6	13	10	
5			6
4		15	6
3		10	6
2			
1			

Här följer några exempel på elevsvar med olika rang:

Elev 177: *Varför sälar kan befinna sig under vattnet utan att andas i nästan 45 minuter, och att sälens förfäder kunde stanna under vatten bara några minuter? Jag tror att det är så här att förut var kanske vattnet mycket kallare, eller så att sälar förut inte var så mycket i vatten som sälarna är idag. Sälarna idag kanske tillbringar mer tid i vattnet än på land och då kanske man kan hålla andan mer också. Det kan bero på också att det finns mer föda idag i vattnet än vad det fanns innan. Och då håller dom hus till i vattnet hela tiden, och då blir det automatisk att dom kan vara mer under vattnet.* (Exp3, rang 3)

Elev 119: *Det var en gång två bruna björnar, en hane och en hona. Dom bodde i Grönland. Dom fick en liten björnunge. Björnungens färg var en blandning av brun och vit. Det hade skett en mutation, och mutation är en förändring i arvsanlagen (generna). Att björnungen inte fick sina föräldrars bruna päls berodde helt enkelt att det skedde en mutation. Den brunvita björnen parade sig med en helbrunt färgad björn, och dom fick en hel vit björnunge, och senare blev det ett naturligt urval att björnarna blev vita.* (Exp2; rang 4)

Elev 119 verkar inte ha anammat det evolutionsresonemang som undervisningen handlat om. Denna elevs svar på geparduppgiften finns redovisat som citat från en elev för allmänt utvecklingsresonemang både på för- och eftertest (se sid. 143). I hemtentamen använder sig dock denna elev av vetenskapliga termer som 'mutation' och 'naturligt urval', men det är tveksamt huruvida det finns en förståelse av begreppen.

Elev 182: *Förfäderna kunde bara var under vatten i nga minuter. Men det fanns säkert sälar som kunde stanna i tio minuter. De sälar som kunde stanna längst under vattnet överlevde eftersom de då kunde fånga fler fiskar och äta sig mätta. De som inte kunde va så länge under vattnet kanske inte fångade nån fisk och dog*

av svält. Här spelar det naturliga urvalet stor roll. (Komponenter: Variation och överlevnad) (Exp3, rang 5)

Elev 25: För den sälen som kunde vara under vattnet lite längre fick mer mat och barn. Det naturliga urvalet gynnar dessa sälar. (Komponenter: Variation, överlevnad och reproduktion) (Exp1, rang 6)

Elev 106: Det var en gång många bruna björnar. En dag blev det en förändring i en familj. En isbjörns mamma hade fött en vit isbjörn. En sådan förändring hade skett i kroppen och kallas mutation. Den vita isbjörnen klarade sig jätte bra. Man såg den inte lika tydligt som dom andra bruna björnarna, bland all snö. Den blev äldre och började para sig. De parade sig med en brun björn, då skedde en till förändring. Deras barn blev också vit, dom fick t o m två stycken. Isbjörnarna klarade sig jätte bra. Eftersom man såg dom bruna lättare, så blev oftast dom attackerade och uppätta av andra större djur. Det var ingen som såg dom vita. Båda sorterna fortsatte att para sig, och eftersom fler bruna blev uppätta så blev det bara mer och mer vita isbjörnar. Dom överlevde och deras gener fördes vidare. Tillslut hade nästan alla bruna isbjörnar dött ut och de fanns bara vita isbjörnar kvar. (Komponenterna: Variation, överlevnad, arv och ackumulation) (Exp2, rang 7)

Elev 40: Det är ju en fördel att sälen kan stanna längre i vattnet och jaga. Långt bak i tiden skedde en mutation hos ngn säl som gav den en gen som kunde få den att stanna något längre under vattnet. Denna ärftliga egenskap förs ju då lättare vidare till organismens avkomma p.g.a dess högre livsduglighet och ökade chanser till överlevnad. Organismen hinner ju föda i genomsnitt fler kullar under sin livstid. Dessa gener förs ju vidare genom naturligt urval så länge den har fler fördelar än nackdelar, och ger en högre livsduglighet, från generation till generation. Sedan kan det ju åter uppstå en mutation som är till fördel och som gör att sälen kan stanna ännu längre under vattnet. Sådär har det hållit på under hela sälens evolution och fortfarande idag. Slumpmässiga mutationer som sker till fördel för organismen ger evolution. (Komponenterna: Variation, överlevnad, reproduktion, arv och ackumulation) (Exp1, rang 8)

Jämförelse mellan elevernas prestationer på öppna uppgifter i förtest, prov/hemtentamen och eftertest

I figur 7.15 jämförs medelrangerna på geparduppgiften i förtestet med säl-/björnuppgiften på provet/hemtentamen och geparduppgiften i eftertestet. I förtestet skiljer sig elevernas medelrang på uppgiften signifikant²⁶ åt mellan experimenten, men varken på prov/hemtentamen²⁷ eller på eftertest²⁸. Mellan könen finns inga signifikanta²⁹ skillnader i resultat varken på förtest, prov/hemtentamen eller eftertest.

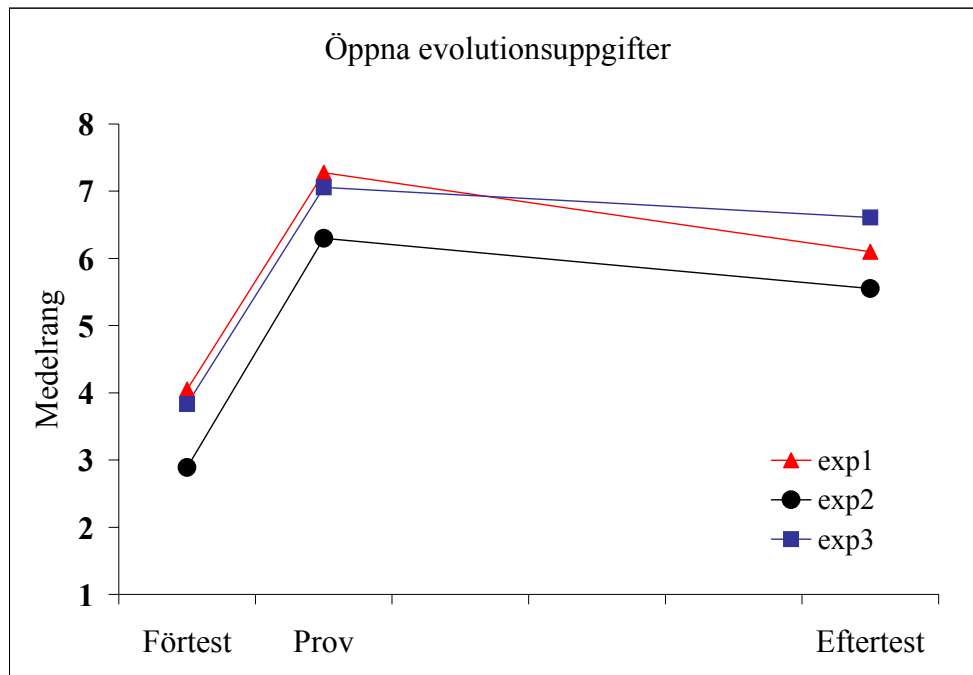
²⁶ Kruskal-Wallis envägstest; p(förtest)=0,004**

²⁷ Kruskal-Wallis envägstest; p(prov/hemtentamen)=0,080

²⁸ Kruskal-Wallis envägstest; p(eftertest)=0,051

²⁹ Kruskal-Wallis envägstest; p(förtest)=0,263; p(prov/hemtentamen)=0,348; p(eftertest)=0,609

Elevernas medelrang på uppgiften i provet/hemtentamen är signifikant³⁰ högre än på förtestet i alla tre experimenten. Eleverna i exp1 har signifikant³¹ lägre medelrang på eftertestet än på provet, men så inte i de två andra experimenten.



Figur 7.15. Jämförelse av elevernas medelrang på öppna evolutionsuppgifter mellan förtest, prov/hemtentamen och eftertest i de tre experimenten

Salamanderuppgiften

På eftertestet i exp2 och på för- och eftertest i exp3 ingår ytterligare en öppen evolutionsuppgift:

Grottsalamandrar är blinda (de har 'tillbakabildade' ögon). Hur skulle en biolog förklara hur blinda grottsalamandrar har utvecklats från seende förfäder?

I exp3 är elevernas rang signifikant³² lägre på salamanderuppgiften jämfört med geparduppgiften på förtestet (2,9 jämfört med 3,8 av max 8). Det finns inget elevsvar på salamanderuppgiften i förtestet som har uteslutande vetenskapliga idéer, varför rangen varierar mellan 1 och 4. Två elevsvar innehåller både alternativa och vetenskapliga idéer, men majoriteten har uteslutande alternativa idéer; 'allmän anpassning', 'behov' och 'använda/icke använda'. Över hälften av eleverna resonerar i termer av att ögonen tillbakabildades på grund av att de inte används.

³⁰ Wilcoxons parade rangteckentest; $p < 0,001$ ***

³¹ Wilcoxons parade rangteckentest; $p(\text{exp1}) < 0,001$ ***; $p(\text{exp2}) = 0,096$; $p(\text{exp3}) = 0,117$

³² Wilcoxons parade rangteckentest; $p(\text{exp3}) = 0,031$ *

Elev 193: *Bara på namnet hör man att de har levt i grottor mycket av sin levnadstid och i grottor är det ju mörkt. Man kan jämföra när man vaknar på morgonen så är allt suddigt eftersom när man sover är ögonlocken stängda och det är mörkt. Så i grottorna är det som känt mörkt och ögonen anpassade sig med tiden till mörkhet. Grottsalamandrarna blev blinda. ('Allmän anpassning') (Exp3; förtest; rang3)*

Elev 192: *Behöver de inte kunna se, så kommer väl ögonen att försvinna. De är ju bara i vägen och kan bli skadade och få infektioner och så. Till slut så finns det bara ett litet öga som inte kan se mer, för att 'se-processen' inte fungerar längre. ('Behov') (Exp3; förtest; rang3)*

Elev 179: *De lever i grottor antar jag och där är det inte speciellt ljus på dagen skulle jag tro. Alltså har de inte speciellt mycket användning av sina ögon där, så de tillbakabildades mer och mer. Det man inte behöver gör sig kroppen av med. ('Använda/icke använda') (Exp3; förtest; rang3)*

Även på eftertestet är elevsvaren på salamanderuppgiften signifikant³³ sämre än på geparduppgiften. Medelrangen på uppgiften i exp2 är 4,5 och i exp3 5,0 jämfört med 5,5 respektive 6,6. Skillnaden i elevsvarens medelrang på salamanderuppgiften mellan de båda experimenten är inte signifikant³⁴. Hälften av elevsvaren innehåller uteslutande vetenskapliga idéer, en fjärdedel innehåller både vetenskapliga och alternativa (rang 4). Resterande fjärdedelen innehåller uteslutande alternativa idéer eller blanka svar. De vanligaste alternativa idéerna i eftertestet är 'behov' och 'använda/icke använda'. Endast två av de 38 eleverna som besvarar salamanderuppgiften på eftertestet får maximal rang:

Elev 118: *Grottsalamandrar lever i totalt mörker. När det första salamandrarna hamnade i grottorna så kunde de se. En mutation skedde där en salamander blev blind men denna salamander klarade sig bättre än de andra. Eftersom den klarade sig bättre kunde den föröka sig och dennes avkomma ärvde blindheten. På samma sätt så klarade sig dessa salamandrar bättre och kunde växa upp och få avkommor som också var blinda. (Komponenter: Variation, överlevnad, reproduktion, arv och ackumulation) (Exp2; eftertest; rang 8)*

Elev 198: *Det är ogynnsamt för grottsalamandrar att se. De salamandrar som haft mutationer i sina gener som inneburit dålig syn har på något sätt haft en fördel gentemot salamandrar med bra syn, och därför har de gynnats genom det naturliga urvalet. Salamandrar med dålig syn har alltså kunnat föra sina gener vidare genom att de har haft större möjlighet att producera avkomma. Anlag för dålig syn har blivit vanligare och vanligare bland salamandrarna. (Komponenter: Variation, överlevnad, reproduktion, arv och ackumulation) (Exp3; eftertest; rang 8)*

Några ytterligare exempel i stigande rang:

Elev 180: *De organ som inte används (i mörker) tillbakabildas. Salamandern utvecklar kanske då en bättre hörsel t.ex. ('Använda/icke använda') (Exp3; eftertest; rang3)*

³³ Wilcoxon's parade rangteckentest; $p(\text{exp2}+\text{exp3})<0,001***$

³⁴ Kruskal-Wallis envägstest; $p(\text{eftertest})=0,54$

Elev 121: *De kanske inte behövde använda ögonen så mycket så till slut blev det som det blev. Eller så skedde det en slump i grotsalamandrar gener som gjorde att ögonen blev så. Och den genen fortsatte med tiden till de nutida grotsalamandrarna.* (Komponent: Arv; 'Använda/icke använda') (Exp2; eftertest; rang4)

Elev 107: *I grottor behövs inte egenskapen att se. Därför klarade sig kanske muterade blinda salamandrar sig bättre för att de kanske hade en annan egenskap som en bättre hörsel som är bättre lämpad i mörker på grund av sin mutation.* (Komponenter: Variation och överlevnad) (Exp2; eftertest; rang5)

Elev 200: *Utvecklingen på grotsalamandrar har antagligen gått till så att de som inte kunnat se har gynnats och fört vidare sina gener...* (Komponenter: Variation, överlevnad och arv) (Exp3; eftertest; rang6)

Elev 199: *Grotsalamandrarna lever i mörka grottor och behöver därför inte ögon eftersom det ändå inte finns något att se. Dom som var blinda klarade sig antagligen bättre än dom som såg vilket medför att dom förökar sig mer och till slut är alla blinda.* (Komponenter: Variation, överlevnad, reproduktion och ackumulation) (Exp3; eftertest; rang7)

Antibiotikauppgiften

Alla elever i studien får följande uppgift i sitt slutprov, alternativt hemtentamen:

Forskare har länge varnat läkare för deras ökade användning av antibiotika (t.ex. penicillin) för att bota lindrigare infektioner. Förklara orsaken till denna varning!

Målorganism för antibiotika

I tabell 7.19 visas vilken målorganism för antibiotika som eleverna i de olika experimenten anger. Andelen elever som anger människokroppen är totalt 23 % (inklusive de 8 % som anger både bakterier och människokroppen).

Tabell 7.19. Andelen elever i procent som valt en viss målorganism för antibiotika i prov alternativt hemtentamen

Målorganism	Exp1	Exp2	Exp3	Totalt
Bakterier	85	70	56	74
Människokroppen och bakterier	3	10	17	8
Människokroppen	10	15	28	15
Ingen	3	5		3

Bland de elever som uppger människokroppen som målorganism för antibiotika resonerar två tredjedelar utan att beröra evolutionsteorin. Bland den återstående tredjedelen, som alltså har ett korrekt evolutionsresonemang, har alla utom en elev med både bakterier och människokroppen som målorganismer.

Här följer provsvaret från den enda elev som har endast människokroppen som målorganism och samtidigt för ett som jag tolkar korrekt evolutionsresonemang, trots en tveksam användning av 'anpassa'.

Elev 42: *Denna orsak kan bero på att vissa av oss människor kan bära på en mutation som ger dem egenskapen att vara resistent mot antibiotika. Hm...Om vi säger så här: att så länge vi inte använder antibiotika så är det ingen som bryr sig. Men eventuellt så finns det kanske människor som har den egenskapen att vara resistent mot just antibiotika. Genom att öka användningen så finns det många människor som det inte gör någon verkan på. Dessa anpassas då till att inte reagera mot denna behandling o för denna egenskap vidare. Därmed blir egenskapen allt mer vanligare. Men om det då uppstår en mer farlig sjukdom som verkligen kräver behandling med antibiotika så finns det alltså människor som utvecklats motstånd mot antibiotika så att denna behandling inte verkar === DUMT! Jag tycker dock att detta resonemang låter konstigt eftersom jag tycker att de individer som har detta motstånd mot penicillin-behandling borde ha lägre livsduglighet, dvs. de skulle ha mindre chans för att överleva - därmed skulle denna egenskap dö ut. Det naturliga urvalet skulle då verka stabiliserande. Men kanske tar detta utdöende så lång tid o vi vill ju att alla människor skall leva så länge som möjligt. Alltså håller kanske teorin ovan. (Komponenter: Variation, överlevnad och arv; Målorganism: Människokroppen) (Exp1; slutprov; rang5)*

Här följer tre ytterligare exempel på elevsvar. Det första representerar gruppen som har både människokroppen och bakterier som målorganismer, det andra ett som har endast människokroppen som mål och slutligen en representant för det korrekta, dvs. endast bakterier som målorganism för antibiotikan.

Elev 6: *Vissa bakterier kan genom mutationer bli resistent mot detta läkemedel. Om man äter det för mycket så kan det hända att en dag finns det en bakterie som klarar av antibiotika och den förökar sig givetvis då. De andra dör ut men eftersom denna bakterie är så stark så överlever den. Detta kan medföra att när patienten behöver antibiotika så är kroppen resistent mot medicinen och reagerar inte som den ska på medicinen. Resultat kan bli att patienten aldrig blir frisk. (Komponenter: Variation, överlevnad och reproduktion; Målorganism: Bakterier och människokroppen) (Exp1; slutprov; rang5)*

Elev 108: *Om man tar antibiotika för ofta så blir man immun mot det. Man ska ta det för svårare infektioner istället för lindriga, för om man tar för lindriga hjälper det till slut inte för svårare. (Målorganism: Människokroppen) (Exp2; hemtentamen; rang2)*

Elev 180: *Använder man antibiotika för mycket så slutar det verka. Anledningen är att även i bakterier sker det slumpvis mutationer. En mutation som gör att en bakterie blir 'immun' mot antibiotika gynnar självfallet den. Det naturliga urvalet gör att dom klarar sig och förökar sig. Deras avkommor ärver samma egenskaper som deras föräldrar har/hade... (Komponenter: Variation, överlevnad, reproduktion och arv; Målorganism: Bakterier) (Exp3 slutprov; rang7)*

Elevsvarens innehåll och rang

I tabell 7.20 visas elevsvarens rang på antibiotikauppgiften. Medelrangen i exp1 är 5,9, i exp2 4,4 och i exp3 5,0. Det är signifikanta³⁵ skillnader mellan elevernas rang i de tre experimenten. Andelen elevsvar med uteslutande vetenskapliga idéer varierar något bland de tre experimenten. Om man dessutom kräver att de ska ha endast bakterier som målorganism blir andelen 70 %, 30 % respektive 39 %.

Elev 3: Det har antagligen alltid funnits bakterier som varit resistenta mot antibiotika. När miljön för dessa förändras dör ju alla bakterier som inte är resistenta. De som är kvar förökar sig & detta leder till att alla avkommor blir resistenta. Antibiotika fungerar alltså inte längre. De resistenta gynnas alltså av riktat urval. Det är dumt att använda antibiotika i onödan eftersom antalet resistenta ökar varje gång man använder det. (Målorganism: Bakterier) (Exp1; slutprov; rang8)

Tabell 7.20. Andelen elevsvar i procent med en viss rang på antibiotikauppgiften

Rang	Exp1	Exp2	Exp3
8	23	20	17
7	25	5	22
6	20	5	11
5	8	5	
4	10	15	22
3	10	30	
2	5	15	28
1		5	

Totalt besvarar 15 % i exp1, 60 % i exp2 och 44 % i exp3 uppgiften utan att ge några evolutionära förklaringar alls, varken vetenskapliga eller alternativa.

Elev 109: Att bruka för stora mängder antibiotika medför att bakterierna blir immuna mot dessa antikroppar. Resistenta. En vanlig enklare infektion brukar vanligtvis gå över av sig själv, inom ett eller flera dygn, med hjälp av kroppens egna försvarssystem. För mycket antibiotika vid onödiga tillfällen gör att kroppen inte heller producerar lika mycket vita blodkroppar som den vanligtvis gör. En våg av immuna bakterier i en kropp utan försvar kan leda till döden. (Målorganism: Bakterier) (Exp2; hemtentamen; rang3)

Tre elever i varje experiment resonerar om att antibiotika inte bara tar död på skadliga bakterier utan också på för oss människor nyttiga bakterier. Detta är i och för sig korrekt men innehåller inget evolutionärt resonemang.

Elev 26: Det är ej bra om kroppen får för mycket antibiotika. Antibiotika dödar bakterier, både dålig och bra. Det är ju inte bra om man dödar bakterier som är viktiga för kroppen. (Målorganism: Bakterier) (Exp1; slutprov; rang4)

³⁵ Kruskal-Wallis envägstest; $p(\text{prov/hemtentamen})=0,047^*$

Lösuppgiften

Del a

Följande fråga ställdes i ett biologiprov:

'I en skola drabbades 15 % av eleverna av huvudlöss under vintern. Vid tidigare epidemier av huvudlöss hade eleverna behandlats med ett bekämpningsmedel som man köpte på apoteket. Eleverna hade då blivit av med lössen. Trots att eleverna behandlades lika noggrant denna gång dog inte lössen. Redogör för hur en biolog skulle förklara detta med hjälp av evolutionsteorin.'

Här följer två olika elevsvar på denna uppgift:

Svar A: *Därför att om man är ett djur som förökar sig så ofta, överlever endast de starkaste; de som inte påverkades av bekämpningsmedlet och deras avkomma at-tackerar nu.*

Svar B: *Lössen försöker överleva den ökade mängden bekämpningsmedel och vänjer sig; det är det som inom biologin kallas för anpassning, till slut kommer det inte att påverka dem; det vill säga de blir resistent mot bekämpningsmedlet och de nya generationerna kommer att ärva denna egenskap och blir med tiden ännu mer resistent, därför att, enligt ärftlighetslagarna utvecklas nya generatio-ner tills de blir mer perfekta än de tidigare.*

Välj det svar du anser bäst överensstämmer med evolutionsteorin!

Svar A eller Svar B

Del b

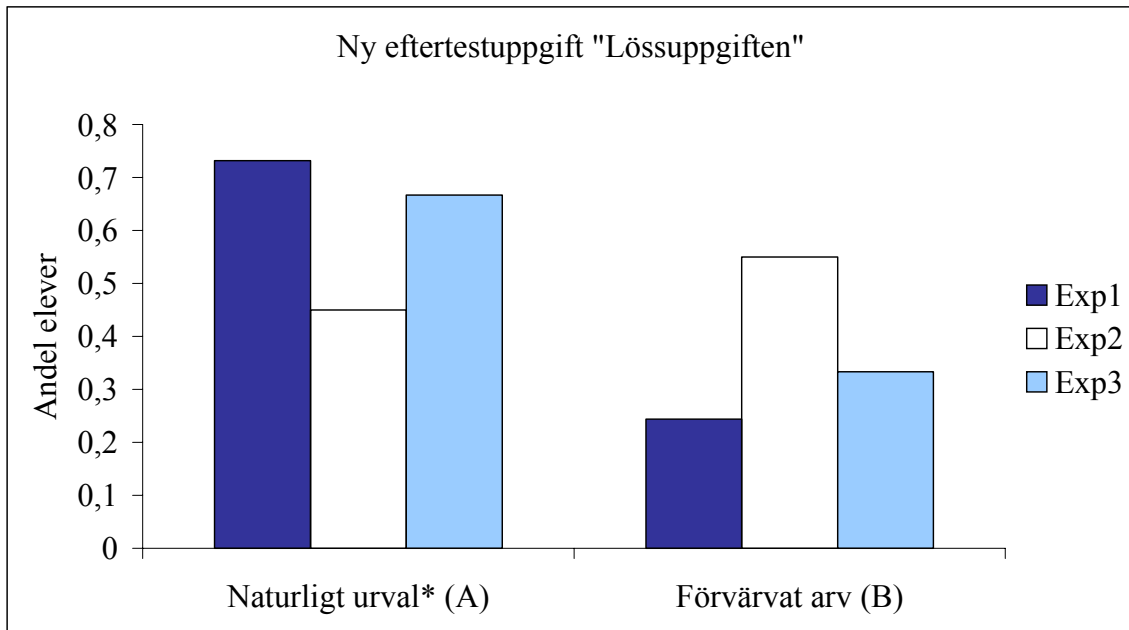
Varför valde du detta svarsalternativ?

Elevernas val av svarsalternativ

I figur 7.16 visas elevernas val av provsvarsalternativ. I exp1 väljer 30 elever det mer vetenskapliga alternativet 'naturligt urval' (A), i exp2 9 elever och i exp3 12. Eleverna i exp1 väljer i signifikant³⁶ fler fall det mer vetenskapliga alternativet vid jämförelse med exp2, annars finns inga signifikanta skillnader. Mellan könen finns inga signifikanta³⁷ skillnader.

³⁶ Chi2-test; 2*2 tabell; p(exp1 vs exp2)=0,044*; p(exp1 vs exp3)=0,734; p(exp2 vs exp3)=0,310

³⁷ Chi2-test; 2*2 tabell; p=0,942



Figur 7.16. Fördelningen av elevernas val på lössuppgiften, exp1 n=41, exp2 n=20 och exp3 n=18

Elevernas motivering till sitt val av svarsalternativ

Elevernas motiveringar har delats in i fyra olika kategorier. Se tabell 7.21.

Tabell 7.21. Andelen elevmotiveringar i procent i respektive kategori på lössuppgiften

Kategorier	Exp1 n=41	Exp2 n=20	Exp3 n=18
Naturligt urval*	59	35	67
Förvärvat arv	5	45	11
Konstaterande	15	15	17
Blank/vet ej	22	5	6

Här följer några exempel, först två från kategorin 'naturligt urval', därefter två från 'förvärvat arv' och slutligen två från 'konstaterande'.

Elev 12: *De andra var fel eftersom att enskilda individer inte kan anpassa sig genetiskt utan enbart populationer.* (Exp1; provsvarval A; rang 7)

Elev 198: *Eftersom alla löss som inte tålde bekämpningsmedlet dog förra gången blev det bara löss som var resistenta mot det som överlevde och alltså kunde producera avkomma. Eftersom avkomman ärvt de resistenta lössens gener är de också resistenta.* (Exp3; provsvarval A; rang 8)

Elev 117: *Jag håller helt och hållet med...Samma sak är det vad det gäller bakterier vid förkylning... Äter man jätte mycket penicillin 'lär' sig bakterierna att handskas med det vilket gör att dem blir immuna och till slut hjälper inte penicil-*

lin längre för att dom har anpassat sig och kan föröka sig utan att känna sig hotade av medicinen. (Exp2; provsvarval B; rang 4)

Elev 185: För det låter helt korrekt. Lössen anpassar sig och blir till slut resistenta mot bekämpningsmedlet. (Exp3; provsvarval B; rang 4)

Elev 189: Därför att han slog huvudet på spiken. Det är vad jag hade svarat. (Exp3; provsvarval A; rang 5)

Elev 200: Jag tycker att svaret stämmer bra med min teori om evolutionen. (Exp3; provsvarval B; rang 3)

Sammanfattning och diskussion

Det visar sig mycket tydligt på dessa öppna uppgifter (gepard, säl, björn och antibiotika) att de elever som resonerar om befintlig variation inom populationen också för ett resonemang om skillnader i överlevnad för individer med olika egenskaper. Resonemangen om befintlig variation är många gånger inte så utvecklade och ibland mer eller mindre implicita, men att vara medveten om att det existerar variation av en given egenskap inom populationer tycks vara en nyckelidé för att föra ett vetenskapligt evolutionsresonemang. Flera författare påpekar att deras elever eller studenter inte uppmärksammar variation inom populationer (t.ex. Deadman & Kelly, 1978; Brumby, 1984; Bishop & Anderson, 1990; Greene, 1990; Demastes, Settlage et al., 1995). Att inomartsvariation är besvärligt för studenter även efter undervisning visar Jensen och Finley (1995) och Smith et al. (1995). Detta belyser vikten av att ordentligt diskutera inomartsvariation eller snarare variation inom populationer vid evolutionsundervisning. Då Zetterqvist (2003) intervjuade 26 erfarna lärare (åk 7 – 9) om deras evolutionsundervisning och bad dem berätta vilka innehållsmoment de tar upp är det endast två som spontant diskuterar variation. Senare på en direkt fråga svarar majoriteten att de tar upp variation. Dock anger endast sex av lärarna i hennes studie att de kopplar variation till naturligt urval.

Den komponent som i alla tre experimenten finns med i lägst frekvens på geparduppgiften både i för- och eftertest är 'reproduktion'. Delvis kan detta bero på hur denna kategori avgränsas, nämligen att eleven explicit måste resonera om skillnader i reproduktion. En del elevsvar kan tolkas som innehållande denna komponent implicit, ofta genom uttrycket 'föra sina gener vidare'.

*Elev 6: Han skulle förklara det på följande sätt: Att gepardens förfäder sprang i 30km/h men sedan kanske de fick en avkomma vars gener för att springa snabbt hade muterats lite och resultatet blev att den sprang lite fortare än mor och far. Denna avkomma kunde då snabbare komma undan faror och han var då starkare och överlevde, vilken betydde att han/hon kunde **föra sina gener vidare** och så skedde mutationen igen och igen och igen tills geparden fick den hastighet som den har nu! (Exp1; eftertest; rang 7)*

En annan möjlig förklaring kan vara att eleverna ser reproduktion som en egenskap oberoende av andra egenskaper. Idéer om detta framkommer i intervjuerna (se kapitel 9).

En ytterligare orsak till att inte alla komponenterna finns med i elevsvaren kan vara att eleven bedömer att ett svar med färre komponenter är tillräckligt. Dessutom kan de tycka att en komponent är så självklar att den inte behöver nämnas. Exempelvis är ju ackumulationskomponenten en konsekvens av de övriga och kan därför kanske anses som självklar.

Andelen elever med uteslutande vetenskapliga idéer på geparduppgiften ökar från 27 %, 0 % respektive 28 % i de tre experimenten på förtestet till 78 %, 75 % respektive 89 % på det fördröjda eftertestet. Detta resultat är bra av flera skäl, dels jämfört med andra studier, dels med tanke på att detta test görs ett år efter undervisningen och att eleverna är medvetna om att resultatet inte påverkar deras biologibetyg.

Geparduppgiften har använts i många vetenskapliga undersökningar, men direkta jämförelser är svåra att göra då elevernas prestationer på denna uppgift inte alltid redovisas specifikt. Bishop och Anderson (1990) redovisar i sin studie att studentsvar med vetenskapliga idéer om variationens uppkomst och naturligt urval ökade från 25 % till 50 % mellan för- och eftertest. Demastes, Settlage et al. (1995) upprepade studien av Bishop och Anderson och deras resultat visade sig bli sämre än i originalstudien. Bizzo (1994) använder geparduppgiften då han undersökte evolutionskunnande hos elever mellan 15 och 17 år efter undervisning och 28 % besvarar den med svar innehållande slump och urval. Jensen och Finley (1995) använder testuppgifter från Bishop och Anderson (1990) och de universitetsstudenter ökar andelen vetenskapliga svar från 23 % på förtestet till 45 % på det två veckor fördröjda eftertestet. Greene (1990) finner att bland 322 universitetsstudenter har endast 8 % en 'verklig' förståelse av evolution genom naturligt urval, medan 43 % har det han kallar en 'funktionell' förståelse, på en evolutionsuppgift i ett biologiprov. Eleverna som redovisas i denna avhandling kan sägas ha motsvarande 'funktionell' förståelse, då de resonerar om variation endast knuten till den aktuella egenskapen.

Det finns få exempel på god långsiktig behållning i litteraturen. Ett är en studie av Jiménez-Aleixandre (1992), som gjorde ett fördröjt eftertest ett år efter undervisning. I hennes experimentgrupp besvarade i medeltal 60 % av de 14-åriga eleverna uppgifterna vetenskapligt.

Jämförelse mellan förtest, prov/hemtentamen och eftertest av de öppna uppgifterna (gepard, säl och björn) visar att elevernas rang ökar signifikant

i alla experimenten mellan förtest och prov/hemtentamen för att sjunka något på eftertestet. Denna minskning i rang mellan prov/hemtentamen och eftertest är endast signifikant i exp1. Med tanke på att eftertestet besvaras ett år efter undervisningen avslutats och att motivationen bör vara påtagligt större att ge ett utförligt svar på prov/hemtentamen har eleverna god långsiktig behållning, då det gäller att besvara denna typ av uppgifter och jämfört med resultat från andra studier i litteraturen (se ovan).

Salamanderuppgiften appellerar till andra alternativa idéer än geparduppgiften. Många elever för ett resonemang om att egenskaper försvinner på grund av att de inte används. På förtestet i exp3 använder 56 % av eleverna denna idé och det är också tillsammans med 'behov' den mest vanliga alternativa idén i eftertestet. Uppgiften visar sig svårare för eleverna att besvara än geparduppgiften. På geparduppgiften är den vanligast alternativa idén 'behov' och idén om 'använda/icke använda' uttrycks inte av någon elev. Gränsdragningen mellan de alternativa idéerna 'behov', 'inläring' och 'använda/icke använda' är ibland svår att dra. Även Engel Clough och Wood-Robinson (1985a) fann att kontexten på frågan utmanade olika alternativa idéer.

Människokroppen som primär målorganism för antibiotika anges 23 % av eleverna i de tre experimenten. I Brumbys (1981; 1984) studier uppgav 44 % respektive 51 % av de universitetsstuderande människokroppen. Även om denna andel varierar i avhandlingens grupper är den betydligt mindre totalt. Räknar man in de elever i exp3 som hade med både bakterier och människokroppen blir andelen i denna undervisningsgrupp hela 44 %, alltså inte olikt Brumbys resultat.

I Brumbys båda studier besvarar endast 6 % respektive 14 % av studenterna uppgiften evolutionärt korrekt dvs. ser bakterierna som målpopulation och att i denna population finns variation som utsätts för urval. Motsvarande andelar i denna studie är 70 %, 30 % respektive 39 %, alltså ett betydligt bättre resultat speciellt för exp1.

Eleverna i de tre experimenten besvarar säl- respektive björnuppgiften signifikant bättre än antibiotikauppgiften (Wilcoxons parade rangteckentest). Antibiotikauppgiften besvaras av en tredjedel av eleverna i en kontext utanför evolutionens. En anledning till de lägre andelarna i exp2 och exp3 kan vara att de förde diskussioner under undervisningssekvensen om att inte bara de sjukdomsalstrande bakterierna i kroppen påverkas av antibiotika. Jag vet inte om liknande diskussioner fördes under exp1. Även i Brumbys studie (1984) är det många universitetsstudenter som inte inser att antibiotikauppgiften handlar om naturligt urval. Björnuppgiften i exp2 på hemten-

tamen besvaras av tre elever utanför en evolutionskontext. Det är möjligt att formuleringen av björnuppgiften appellerar till att berätta en saga istället. Det innebär alltså inte att dessa tre elever inte kan svara evolutionärt korrekt, men de kanske skulle ha behövt en extra ledtråd. Det är möjligt att eleverna behövt en sådan i antibiotikauppgiften också. Solomon (1984) påpekar vikten av denna typ av ledtrådar för att eleverna ska komma in på vetenskapligt tänkande. Säluppgiften på slutprovet å andra sidan besvaras evolutionärt av samtliga elever i exp1 och exp3. I denna uppgift finns det en ledtråd eftersom eleverna ombeds skriva hur de anser en biolog skulle ha besvarat uppgiften.

När Jiménez-Aleixandre (1994) lät lärare och lärarstuderande poängsätta elevsvaren i lösuppgiften fick de båda alternativen mycket varierande poängantal, men medelvärdena blev lika. Lärarna hade svårt att identifiera de alternativa idéerna i uppgiften. Med tanke på detta har eleverna i denna studie besvarat uppgiften bra.

En anledning till att eleverna i exp2 lyckats sämre än de två övriga undervisningsgrupperna på denna uppgift kan vara att många elever kommer från andra kulturer och inte har svenska som förstaspråk. I denna uppgift gäller det att se att ett välformulerat svar med många vetenskapliga uttryck är det sämre alternativet evolutionärt sett, vilket skulle kunna vara svårare än att skriva ett acceptabelt svar på egen hand. I övrigt uttrycker sig eleverna i exp2 med god svenska i de skriftliga svaren.

7.8 Tema vetenskap och tro

Uppgiften under detta tema ingick i testen för att i viss mån undersöka elevernas uppfattningar om vetenskap och tro. Informationen är värdefull för läraren då han ska bemöta eleverna och skapa ett klassrumsklimat där alla elevers idéer respekteras. Resultaten diskuteras i slutet av avsnittet.

Religionsfrågan

Del a

Fem personer står och diskuterar hur livet kommit till på Jorden och hur det utvecklats. Var och en talar om vad de tycker.

Vem sympatiserar du mest med?

ELEVERS KUNNANDE –
metod, resultat och fortlöpande diskussion

1	<i>Darwins evolutionsteori är sann och talar om hur utvecklingen gått till.</i>
2	<i>Skapelseberättelsen i din religion är sann och talar om hur utvecklingen gått till.</i>
3	<i>Varken Darwins evolutionsteori eller skapelseberättelsen i din religion är sann utan det är två olika sätt att beskriva hur utvecklingen gått till.</i>
4	<i>Varken Darwins evolutionsteori eller skapelseberättelsen i din religion är sann men Darwins evolutionsteori är en vetenskaplig teori.</i>
5	<i>Varken Darwins evolutionsteori eller skapelseberättelsen i din religion är sann utan det är bara två olika teorier för hur utvecklingen gått till.</i>

Del b

Motivera ditt val av svarsalternativ i uppgift a.

Två elever i exp1 och sex i exp2 men ingen i exp3 väljer följande svarsalternativ på förtestet:

'Skapelseberättelsen i din religion är sann och talar om hur utvecklingen gått till'

De elever som väljer detta alternativ är antagligen religiöst troende. Antalet elever som väljer detta alternativ i eftertestet är dock färre – en i exp1 och två i exp2. Slutsatsen att de övergivit tron på skapelseberättelsen kan dock inte dras utifrån val av ett annat svarsalternativ på eftertestet.

Genom en samlad bedömning av val av svarsalternativ och motiveringen till detta val kategoriseras eleven som 'troende', 'ej troende' eller 'osäker'. I tabell 7.22 visas elevernas fördelning över de tre kategorierna. För att hamna i kategorin 'troende' har eleven antingen i för- eller eftertestet eller i båda kategoriserats till denna kategori. Ingen elev kategoriserades som 'troende' i det ena och 'ej troende' i det andra, utan hamnade i kategorin 'osäker' i ett av testen. För att hamna i kategorin osäker måste dock svaren i både för- och eftertest ha kategoriserats hit. Det är signifikant³⁸ fler elever i exp2 och exp3 som kategoriseras som troende jämfört med exp1.

Tabell 7.22. Andelen elever (procent) i de tre olika kategorierna om trosuppfattning.

Kategori	Exp1 n=41	Exp2 n=20	Exp3 n=18
Troende	5	40	28
Ej troende	85	35	56
Osäker	10	25	17

³⁸ Chi2-test; 2*3 tabell; $p_{\text{exp1 vs exp2}}=0,0002***$; $p_{\text{exp1 vs exp3}}=0,02*$

Exempel på några elevers motiveringar:

Elev 6: *Jag tror helt och fullt på bibelversionen av skapelsen. Jag tror inte att nåt bara har 'kommit' till via en encellig liten tingest. Nån måste ha skapat den! Därför tror jag att Gud skapade världen. Han kanske skapade denna lilla encelliga tingest och sen utvecklade den sig med hans hjälp.* (Exp1; förtest; Alternativval 2: religion sann) (Troende: ja)

Elev 195: *Jag tror varken Darwins teori eller skapelseberättelsen i min religion är sann, men Darwin hade en vetenskaplig teori.* (Exp3; förtest; Alternativval 4: vetenskap vs ej) (Troende: ja)

Elev 191: *Jag tror att det knappast gått till på något sätt som nämns i allt religionstjafs. Det är i allra högsta grad otroligt för min del. Däremot tror jag mer på Darwins teori om att de starkaste överlever, och att livet utvecklats genom det. Men detta är ju inte heller något man kan vara säker på utan detta är ju bara en teori, en vetenskaplig teori.* (Exp3; eftertest: Alternativval 4: vetenskap vs ej) (Troende: nej)

Diskussion

Många författare har visat att en religiös tro inte behöver vara ett hinder för att lära evolutionsteorin (Demastes, Good et al., 1995; Dagher och BouJaoude; 1997; Sinclair et al., 1997; Meadows et al., 2000) även om tecken på detta också visats (Dagher & BouJaoude; 1997; Sinclair et al., 1997). Analys av detta i våra undervisningsgrupper kommer i kapitel 9.

I våra undervisningsgrupper kategoriserades relativt många som religiöst troende; i exp2 åtta elever (40 %) och i exp3 fem (28 %). I exp1 fanns däremot få elever, två stycken. Detta utgjorde inget problem under själva undervisningen i exp2 och exp3, i alla fall inte vad jag som observatör uppfattade. Detta kanske man inte heller ska förvänta sig då dessa elever frivilligt valt naturvetenskapligt program på gymnasiet. En anledning till att det gick problemfritt kan vara att vi i projektgruppen hade diskuterat problemet och bestämt oss för att bjuda in eleverna till att ta del av naturvetenskapens sätt att förklara livets uppkomst och utveckling. Detta tillvägagångssätt rekommenderas av Smith (1994). Dessutom lades ju stor vikt på att skapa ett tillåtande klassrumsklimat där alla idéer skulle respekteras.

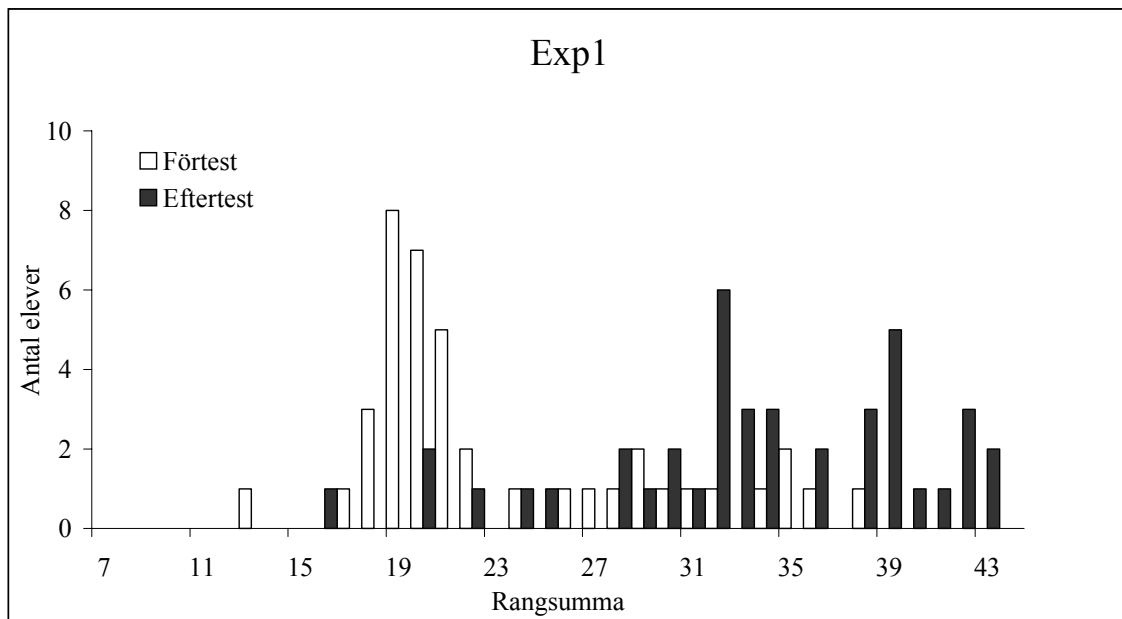
I många artiklar om evolutionsundervisning rekommenderas att samtidigt undervisa om naturvetenskapens karaktär (Lawson & Worsnop, 1992; Smith et al., 1995; Dagher & BouJaoude, 1997; Alles, 2001). Anledningen är bland andra att diskutera hur man skiljer mellan tro och vetenskap. Vi undervisade i alla tre experimenten om naturvetenskapens karaktär och det var ett område som fick större vikt under den cykliska designprocessen.

7.9 Jämförelse mellan för- och eftertest

I detta avsnitt redovisas jämförelser mellan resultaten i hela för- och eftertesten i de tre experimenten. Därefter undersöks eftertestsresultatets beroende av förtestresultatet.

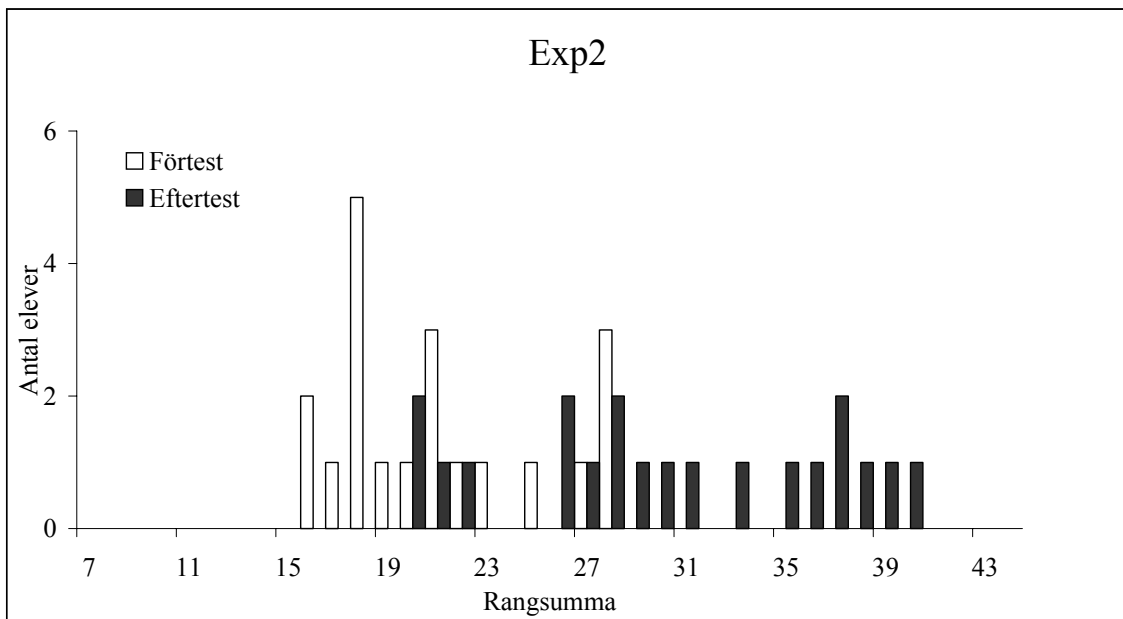
Fördelning av rangsummor

För att göra jämförelser mellan förtest- och eftertestresultat skapas rangsummor för varje elev genom att addera samtliga uppgifters rang. Resultatet framgår av figur 7.17, 7.18 och 7.19.

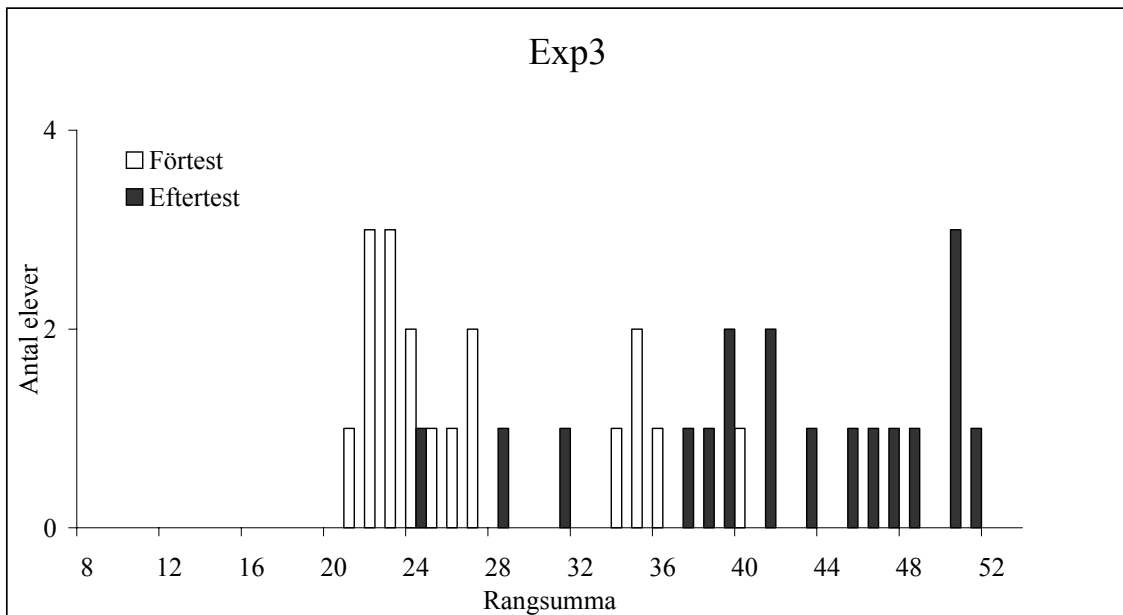


Figur 7.17. Fördelningen av rangsummorna i för- respektive eftertest, exp1 (n=41)

I exp1 och exp2 är sju av de uppgifter som används vid beräkning av rangsumman identiska i för- och eftertest. Detta medför att rangsumman kan variera mellan 7 och maximalt 44 för varje enskild elev. I exp3 ingår ytterligare en uppgift i båda testen varför rangsumman kan variera mellan 8 och 52.



Figur 7.18. Fördelningen av rangsummorna i för- respektive eftertest, exp2 (n=20)



Figur 7.19. Fördelningen av rangsummorna i för- respektive eftertest, exp3 (n=18)

Eleverna i alla tre experimenten lyckas signifikant³⁹ bättre på det fördröjda eftertestet jämfört med förtestet. I tabell 7.23 visas elevernas medelrangsumma i de tre experimenten på för- och eftertest. I tabellen har den extra uppgiften i exp3, den som inte fanns med i exp1 och exp2, uteslutits för att jämföra mellan experimenten. Skillnaderna i elevernas rangsummor mellan förtestet och det fördröjda eftertestet skiljer sig inte signifikant⁴⁰ mellan exp1, exp2 och exp3.

³⁹ Wilcoxon's parade rangteckentest $p(\text{exp1})=p(\text{exp2})=p(\text{exp3})\ll 0,001***$

⁴⁰ Kruskal-Wallis envägstest; $p=0,272$

Tabell 7.23. Medelvärde av rangsummor i för- och eftertest för eleverna i de tre experimenten och för de båda könen

	Förtest	Eftertest
Exp1 (n=41)	23,4	33,4
Exp2 (n=20)	21,1	30,2
Exp3 (n=18)	23,2	35,6
Män (n=38)	22,9	33,4
Kvinnor (n=41)	22,7	32,8

Det finns inga signifikanta⁴¹ skillnader i förtestresultat mellan de tre experimenten. På eftertestet däremot finns signifikanta⁴² skillnader mellan dem. Vid jämförelser mellan könen i de tre undervisningsgrupperna finns inga signifikanta⁴³ skillnader varken på för- eller eftertest, då rangsummor jämfördes (tabell 7.23).

Eftertestresultatens beroende av elevernas förförståelse

En möjlig orsak till att en elev lyckas bra på eftertestet kan vara att han/hon redan innan undervisningen har god förförståelse av evolutionsteorin. Ett sätt att undersöka denna är att som vi gjort låta eleverna göra ett förtest. Om förförståelsen har betydelse för eftertestresultatet bör resultaten på de båda testen visa ett positivt samband.

I figur 7.20, 7.21 och 7.22 visas elevernas eftertestresultat som funktion av förtestresultatet. Varje punkt i dessa tre diagram representerar en enskild elev. I diagrammen är en regressionslinje utritad för en linjär modell. Det finns ett signifikant⁴⁴ positivt samband mellan elevernas förförståelse i form av förtestresultat och eftertestresultatet ungefär ett år efter avslutad evolutionsundervisning i exp1 och exp3. Däremot finns inget signifikant⁴⁵ samband i exp2. Nollhypotesen vid dessa t-test är en lutning på linjen som är 0, dvs. att inget samband förväntas mellan för- och eftertest. Den totala variationen i eftertestresultat kan alltså delvis förklaras av elevernas förförståelse i exp1 och exp3, men inte i exp2. Med denna modell som ansats kan förtestresultatet förklara 18 % av den totala variationen i eftertestresultatet i exp1 och 36 % i exp3⁴⁶.

⁴¹ Kruskal-Wallis envägstest; $p=0,292$

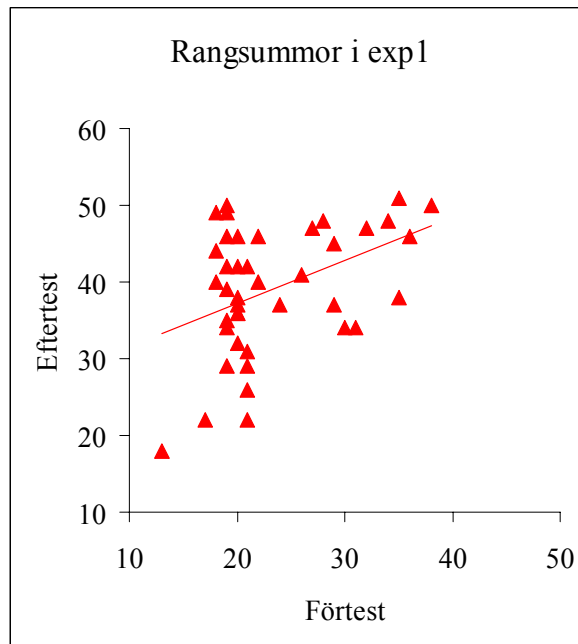
⁴² Kruskal-Wallis envägstest; $p=0,026^*$

⁴³ Kruskal-Wallis envägstest; $p(\text{förtest})=0,863$; $p(\text{eftertest})=0,895$

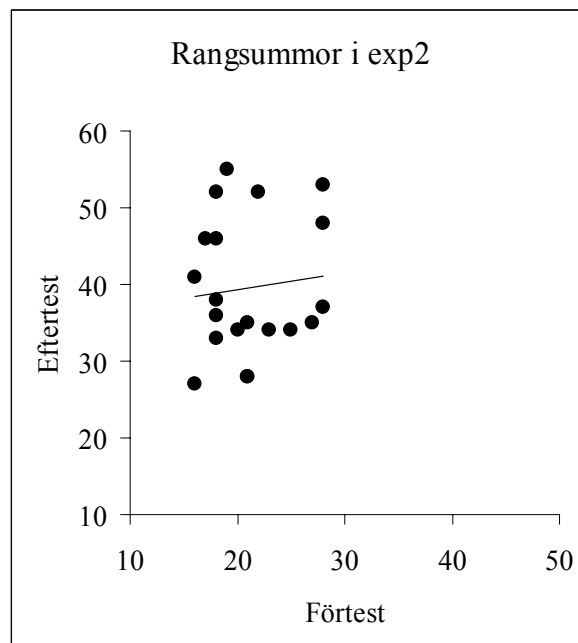
⁴⁴ t-test; $p(\text{exp1})=0,006^{**}$; $p(\text{exp3})=0,009^{**}$

⁴⁵ t-test; $p(\text{exp2})=0,673$

⁴⁶ $R^2_{\text{exp1}}=0,18$; $R^2_{\text{exp2}}=0,01$; $R^2_{\text{exp3}}=0,36$



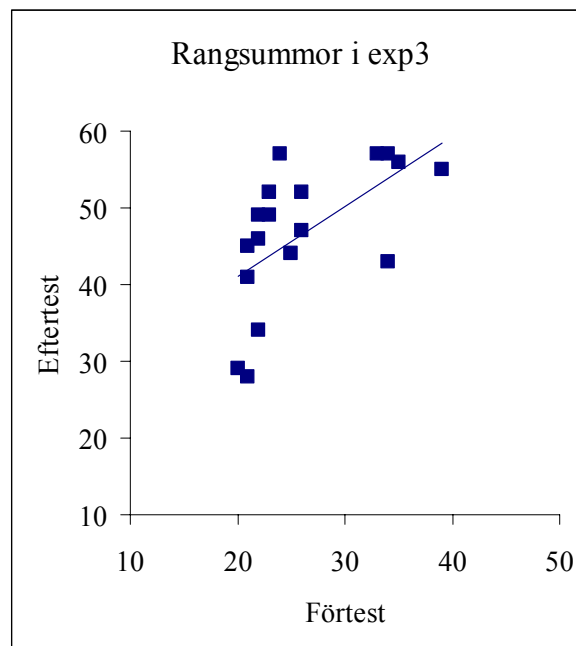
Figur 7.20. Elevernas eftertestresultat som funktion av förttestresultatet i exp1 (n=41)



Figur 7.21. Elevernas eftertestresultat som funktion av förttestresultatet i exp2 (n=20).

Det är dock rimligare att ansätta den alternativ nollhypotesen, att lutningen bör vara 1. Detta är det samma som att man förväntar sig att de elever som lyckats bäst på förttestet ska lyckas bäst på eftertestet och vice versa. För att pröva denna hypotes undersöker man om talet 1 ingår i ett 95 % konfidensintervall för linjen. Exp1 har konfidensintervallet 0,17 – 0,96, exp2 -0,85 –

1,29 och $\exp 3$ 0,27 – 1,56. Detta innebär att nollhypotesen 1 kan förkastas i $\exp 1$, men inte i $\exp 2$ och $\exp 3$.



Figur 7.22. Elevernas eftertestresultat som funktion av förtestresultatet i $\exp 3$ ($n=18$).

Diskussion

I alla tre undervisningsgrupperna lyckas alltså eleverna bättre på det fördröjda eftertestet jämfört med resultatet på förtestet. Av figur 7.17, 7.18 och 7.19 framgår att fördelningarna mellan för- och eftertestresultat är relativt klart åtskilda. Om man jämför med andra eftertestresultat från litteraturen är detta bra, särskilt om man beaktar att eftertestet utförs ett år efter undervisningen (för referenser se avsnitten 4.2 samt 7.7).

Eleverna i $\exp 2$ har på några uppgifter färre vetenskapliga idéer på förtestet jämfört med eleverna i de två andra experimenten. Tydligast visar detta sig på geparduppgiften som ingen elev i $\exp 2$ besvarar med vetenskapliga idéer och där både eleverna i $\exp 1$ och $\exp 3$ svarar signifikant bättre. Vid jämförelse av rangsummorna för hela förtestet finns dock inga signifikanta skillnader mellan elevernas resultat i de tre experimenten.

På eftertestet finns dock signifikanta skillnader mellan resultaten i de tre experimenten, där eleverna i $\exp 3$ lyckas bäst följt av $\exp 1$ och sedan $\exp 2$. Det kan finnas många olika orsaker till denna skillnad t.ex. olika undervisningsgrupper, vårt tredje experiment, andra tillfället för läraren. Även om eleverna i $\exp 3$ inte hade signifikant bättre rangsummor än eleverna i $\exp 2$

på förtestet så har de signifikant bättre resultat på t.ex. geparduppgiften. Detta innebär att de hade åtminstone som framkom på några uppgifter bättre förståelse. Förutom detta fanns fler skillnader mellan grupperna på det sociala planet, som t.ex. skillnader i frekvensen män/kvinnor och kulturell härkomst. Undervisningssekvensen i exp3 hade påverkats formativt av de två tidigare experimenten, vilket medför att eleverna i exp3 fick en undervisning som var baserad på fler forskningsresultat än de tidigare. Det är dessutom rimligt att föreställa sig att eleverna presterar bättre resultat då en lärare undervisar samma undervisningssekvens fler gånger. Det finns tecken som tyder på detta också vid undervisning i optik (Bach, 2001).

Jämförelser mellan könen vad gäller resultat på olika testuppgifter visar inga signifikanta skillnader, varken på enskilda uppgifter eller då rangsummor undersöks. En orsak till detta anser jag kan vara att huvudfokus i undervisningen varit på förståelse av evolutionsteorin och detta verkar gynna båda könen. Som diskuterats tidigare i avhandlingen är förståelse en känsla som upplevs positivt (avsnitt 4.2). Upplevelse av förståelse behöver i och för sig inte betyda att eleven förstått undervisningsinnehållet på det sätt läraren avsett. Dessutom har undervisningsgrupperna varit mycket ojämna vad gäller kön. I exp2 var majoriteten av eleverna kvinnor, medan majoriteten i exp3 var män. Förutom detta misstänker jag att det fanns andra skillnader mellan eleverna som kan ha haft lika stor och större betydelse än könsskillnader t.ex. kulturell bakgrund. Jag har utifrån detta valt att inte diskutera könsperspektivet vidare i denna avhandling.

Lawson och Worsnop (1992) fann i sitt material att variationen i eftertestresultat kunde förklaras till 35 % av förtestresultatet. Detta resultat överensstämmer väl med exp3 i denna studie, där 36 % av variationen i eftertestresultatet kan förklaras av förståelsen.

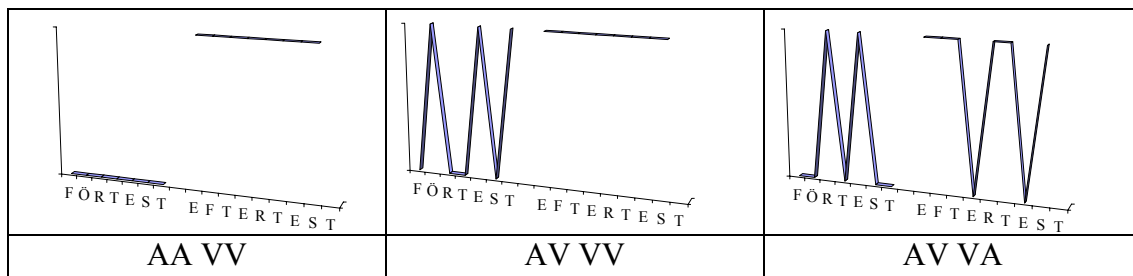
7.10 Konsistens av idéer på för- och eftertest

Förutom jämförelser av hur eleverna lyckas på för- och eftertest görs analyser av hur konsistenta de är inom respektive test med avseende på alternativa eller vetenskapliga idéer.

Utvecklande av konsistens kategorier

För att avgöra hur konsistenta eleverna är i för- och eftertest kategoriserade jag samtliga uppgifter med avseende på alternativa respektive vetenskapliga idéer. För uppgifter med en rang mellan 1 och 8 kategoriserades rang 1 - 4 som svar med alternativa idéer och rang 5 - 8 som svar med vetenskapliga idéer. På flervalsuppgifterna kategoriseras rang 1 och 2 som alternativa

idéer och rang 3 och 4 som vetenskapliga idéer. Därefter plottas för- och eftertestens alla svar i ett diagram. I figur 7.23 ges exempel på tre elevers diagram.



Figur 7.23. Exempel på tre elevers diagram som visar för- och eftertestens innehåll av alternativa och vetenskapliga svar. Första diagrammet visar en elev som på förtestet har uteslutande alternativa idéer (AA) och på eftertestet uteslutande vetenskapliga idéer (VV). Andra respektive tredje diagrammet visar elever vars förtest kategoriserats till AV och eftertest till VV respektive VA. På X-axeln representerar var och en av de sju bokstäverna i FÖRTEST en enskild uppgift på förtestet. På samma sätt motsvarar var av en av de åtta första bokstäverna i EFTERTEST en uppgift.

I dessa diagram kan man avläsa om elevens svar på uppgifterna är alternativa (A) eller vetenskapliga (V). I varje diagram representeras förtestet av ett band och eftertestet av ett annat band direkt efter varandra. Om testet endast innehåller svar med alternativa idéer hamnar bandet lågt i diagrammet och om testet endast innehåller svar med vetenskapliga idéer hamnar bandet högt. Elever som inte är konsistenta utan hoppar mellan vetenskapliga och alternativa idéer i sina svar representeras av band som går upp och ner mellan den högre vetenskapliga nivån och den lägre alternativa (AV respektive VA). Dessa diagram användes för att samlat kategorisera eleverna med avseende på både förtest- och eftertestresultat. Detta gjorde jag genom att alla diagrammen (79 elever) skrevs ut och grupperades visuellt.

Fyra olika kategorier avseende varje elevs resultat på hela för- respektive eftertestet skapades:

- Kategori AA: test där eleven använder alternativa idéer konsistent. I testet får maximalt en flervalsuppgift eller en Likert-uppgift alternativt två flervalsuppgifter innehålla svar med vetenskapliga idéer.
- Kategori AV: i testet måste åtminstone en flervalsuppgift och en Likert-uppgift innehålla vetenskapliga idéer. Eleven använder endast i undantagsfall vetenskapliga idéer i geparduppgiften.
- Kategori VA: i testet måste åtminstone fyra uppgifter av flervals- eller Likert-typ innehålla vetenskapliga idéer. Eleven använder endast i undantagsfall alternativa idéer i geparduppgiften.

- Kategori VV: test där eleven använder vetenskapliga idéer konsistent. I testet får maximalt en flervalsuppgift innehålla svar med alternativa idéer (i undantagsfall två flervalsuppgifter, om den ena är uppgiften är den om populationsförändringar).

Varje elevs för- och eftertest kategoriseras till en av dessa fyra kategorier. För att kunna göra jämförelser mellan de tre experimenten vad gäller konsistens måste salamanderuppgiften uteslutas helt eftersom den inte ingår varken i för- eller eftertest under exp1.

Resultat av konsistenskategorierna

De tre undervisningsgrupperna är sammanslagna eftersom det inte är några signifikanta⁴⁷ skillnader mellan dem i fördelningen vad gäller konsistens. Tabell 7.24 visar hur elevernas för- och eftertest fördelar sig över de olika konsistenskategorierna.

Tabell 7.24. Antalet elever i respektive konsistenskategori.

	AA	AV	VA	VV
Förtest	47	17	10	5
Eftertest	4	17	24	34

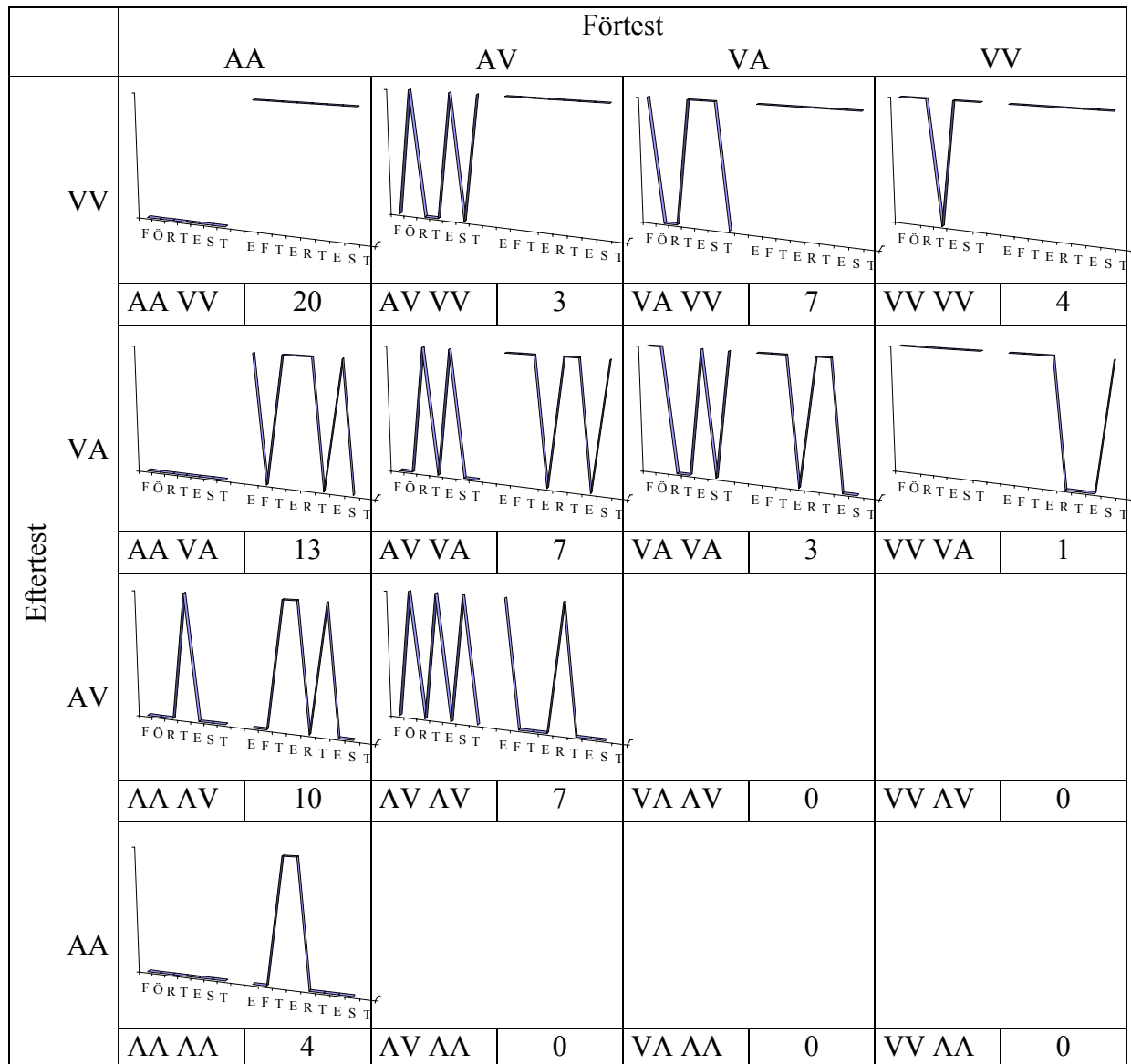
Fördelningarna över konsistenskategorierna skiljer sig signifikant⁴⁸ mellan för- och eftertest. Antalet elever som använde vetenskapliga (VV) idéer konsistent är 5 på förtestet och 34 på eftertestet. Motsvarande antal för av alternativa idéer (AA) är 47 respektive 4.

Figur 7.24 visar fördelningen mer i detalj. Rutorna i diagonalen från nedre vänstra hörnet till övre högra i figuren representerar de elever som har kategoriserats till samma konsistenskategori på för- och eftertest. Dessa elever (23 %) har alltså inte utvecklat sitt kunnande om evolutionsteorin representerat som en ökad andel svar med vetenskapliga idéer i eftertestet. De som redan i förtestet befinner sig i den mest vetenskapliga kategorin kan dock inte nå någon högre. Påpekas bör att det är möjligt att eleverna trots allt utvecklat innehållet vetenskapligt i sina svar även om de i dessa analyser befinner sig på samma nivå. De rutor som befinner sig under den ovan nämnda diagonalen representerar elever som besvarar eftertestet med lägre andel svar som innehåller vetenskapliga idéer än förtestet (en elev). Resten av rutorna representerar elever vars eftertest innehåller högre andel vetenskapliga svar än förtestet, 76 % (60 elever).

⁴⁷ Chi2-test; 2*4 tabell

⁴⁸ Chi2-test; 2*4 tabell; $p < 0,001$

ELEVERS KUNNANDE –
metod, resultat och fortlöpande diskussion



Figur 7.24. Hur elevsvarens konsistens förändrades mellan för- och eftertest. Under varje diagram står först beteckningen för respektive kombination av konsistenskategorierna från för- respektive eftertest och därefter antalet elever inom varje kategori. (n=79)

På förtestet använder 47 elever alternativa idéer konsistent genom hela testet och 20 av dessa är på eftertestet bland de elever som använder vetenskapliga idéer konsistent, vilket motsvarar en andel på 43 %. Bland de 32 elever som åtminstone delvis använder sig av vetenskapliga idéer i förtestet är det 14 som på eftertestet svarar med konsistent vetenskapliga idéer, en andel på 44 %. Bland eleverna i denna studie verkar det alltså inte ha någon större betydelse om man delvis har vetenskapliga idéer i sina svar eller inte på förtestet för att på eftertestet konsistent använda vetenskapliga idéer.

Diskussion

På samma sätt som för eleverna i exp1 och exp2 i förra avsnittet (7.9) tyder konsistensanalysen på att förförståelsen inte har någon större betydelse för hur eleverna lyckas på eftertestet.

Flera undersökningar har visat att elever och studenter inte är konsistenta i användningen av olika idéer om de får uppgifter i olika kontexter avseende evolution (Brumby, 1984; Halldén, 1988; Engel Clough & Driver, 1986; Demastes, Good et al., 1995) eller annan naturvetenskap (Mortimer, 1995; Redfors & Ryder, 2001). Antalet elever som är helt konsistenta med avseende på vetenskapliga idéer på eftertestet i denna studie är 34 stycken eller 43 %. Om detta är en relativt hög frekvens är svårt att avgöra, men de flesta av ovanstående studier visar på att en majoritet av eleverna eller studenterna inte är konsistenta. Kategorin VV utgör en hård bedömning då endast en (undantagsvis två) flervalstuppgifter får innehålla alternativa idéer. Om man skulle acceptera även kategorin VA skulle 58 elever eller 73 % vara konsistenta, vilket nog får betraktas som en hög frekvens.

Det framgår här att drygt hälften av eleverna har konsistent alternativa evolutionsidéer innan undervisning. Efter undervisning återfinns endast fyra elever i denna kategori. Hela 20 elever i denna grupp har förändrat sina idéer till konsistent vetenskapliga på eftertestet. Bland dessa elever skulle man eventuellt kunna finna elever som genomgått en genomgripande begreppsförändring enligt 'conceptual change model' (Posner et al. 1982). De resterande 23 eleverna som på eftertestet återfinns i kategorierna AV respektive VA har också gjort någon form av begreppsförändring, men använder sig av både alternativa och vetenskapliga idéer då de besvarar denna typ av uppgifter. Det kan bland dessa elever finnas exempel på vad Pedersen och Halldén (1994) beskriver som assimilation till befintlig begreppsekologi (established framework).

Bland de 27 elever som på förtestet hade varierande inslag av vetenskapliga idéer har 10 elever förändrat sig till konsistent vetenskapliga idéer och kan ha genomgått en mer eller mindre genomgående begreppsförändring och resterande kan vara exempel på assimilation till befintlig begreppsekologi.

Detta innebär att det totalt finns 30 elever som eventuellt gjort en mer eller mindre genomgripande begreppsförändring och 40 elever som eventuellt assimilerat till befintlig begreppsekologi. Resterande 9 elever har inte förändrat sin begreppsekologi. Den enda elev, som i konsistens kategoriseringen hamnat i en sämre vetenskaplig kategori på eftertestet, verkar inte ha tagit testet på allvar utan har lämnat flera uppgifter obesvarade.

KAPITEL 8

INTERVJUER

Syftet med att utföra strukturerade individuella intervjuer är att med en annan metod än skriftliga test undersöka elevernas begreppsförståelse i evolutionsteori. Resultaten från analysen av intervjuerna används på två sätt i avhandlingen, dels för att jämföra med resultaten från skriftliga test (kapitel 7) och dels för att få underlag till analysen av elevernas individuella utveckling av kunnande i evolutionsteori (kapitel 11). I detta kapitel redovisas och diskuteras resultaten på gruppnivå. Intervjuerna bidrar med underlag för analysen av elevernas förståelse av evolutionära begrepp innan och under undervisning.

8.1 Utförande

Eleverna intervjuades om två viktiga begrepp inom evolutionsteorin, 'variationens uppkomst' och 'naturligt urval'. Intervjuerna var strukturerade och följde en intervjuguide enligt riktlinjer givna av Kvale (1997). Intervjuguiderna finns i appendix 3 och 4. I fokus under intervjun var de svar och kommentarer som eleverna gav utifrån frågorna i intervjuguiden. Frågornas ordningsföljd varierade något genom att varje enskild intervju blev ett unikt samtal.

Datainsamlingar genom intervjuer gjordes under pågående undervisning i exp1 och innan och under i exp2. Tidpunkten för intervjuerna under pågående undervisning var i nära anslutning till att motsvarande moment togs upp där. Dessa utfördes i något gruppum intill lektionssalen och under lektionstid, antingen under biologilektioner eller under anslutande matematiklektioner. Medverkan var för eleven frivillig. Intervjuerna inleddes med information om att det som sägs kommer att skrivas ut, men att detta sker anonymt och aldrig sätts i samband med elevens namn eller påverkar betyget i biologi. Eleverna gav sitt samtycke till intervjun innan den startade. Samtliga tre personer i projektgruppen intervjuade elever. Min egen erfarenhet av intervjuer kommer från en undersökning av elever från grundskolans senare årskurser (Wallin, Sjöbeck, et al., 2000). För de övriga var det första gången de gör strukturerade forskningsintervjuer. Intervjuerna spelades in på ljudband och skrivs ut ordagrant. Inför analysen överfördes intervjuutskriften till vår databas och delades upp utifrån de olika frågorna i intervjuguiden.

I avhandlingen gör jag på många ställen utdrag från intervjuerna. Dessa citat är minimalt förändrade i förhållande till utskriften. Jag tar emellertid bort upprepningar av ord eller delar av meningar. Dessutom utesluter jag vissa hummande och liknande uttryck som jag anser stör läsningen. I några fall görs vissa talspråksuttryck mer skriftspråkslika. Kortare uppehåll eller tystnader i intervjuerna markeras med tre punkter '...' och längre uppehåll eller överhoppade avsnitt i intervjun markeras med snedstreck, tre punkter, snedstreck '/.../'.

Intervjuerna analyseras med en 'ämnesdidaktisk analysmetod'. Detta innebär att elevernas begreppsförståelse, så den kommer i uttryck under intervjun, analyseras utifrån elevens alternativa idéer, evolutionsteorin, elevens lärande och den aktuella undervisningssituationen. Metoden finns utförligare beskriven i bakgrunden (kapitel 1).

Intervjuer om 'variationens uppkomst'

Under undervisningsperioden i exp1 intervjuades 12 elever om 'variationens uppkomst'. I exp2 intervjuades samtliga 20 elever, hälften innan undervisningen startade och andra hälften när den pågick. Eleverna grupperades slumpmässigt, men så att det i grupperna fanns så stor variation som möjligt vad gäller val av svarsalternativ i flervalsuppgiften om 'variationens uppkomst' från förtestet. I intervjuerna innan undervisning inledde jag med att berätta vad variation inom och mellan populationer är genom att exemplifiera med hjälp av uppstoppade djur, krukväxter och träd på skolgården. Det gjorde jag inte i intervjuerna under pågående undervisning eftersom variationens uppkomst redan varit ett undervisningsinnehåll. Intervjuerna följde sedan intervjuguiden i appendix 3.

Intervjuer om 'naturligt urval'

Under pågående undervisning intervjuades i exp1 29 elever om 'naturligt urval'. I exp2 intervjuades samtliga 20 elever, hälften innan och hälften under undervisningssekvensen. De elever som innan undervisningen startade intervjuades om 'naturligt urval' intervjuades under pågående undervisning om 'variationens uppkomst' och vice versa. Vid slumpningen av grupper togs också hänsyn till deras val av svarsalternativ i flervalsuppgiften om orsak till populationsförändringar, som ingår i dessa intervjuer, så att det blev variation i grupperna. Anledningen till att eleverna delades upp i två grupper är att varje elev inte ska behöva intervjuas mer än två gånger, vilket vi misstänkte skulle upplevas som upprepningar under denna relativt korta tidsperiod. Att inte samma elev intervjuas om samma begrepp vid bägge tillfällena har både för- och nackdelar. Nackdelarna är att jämförelsen mellan de två tillfällena blir mer osäker, men eftersom båda intervjuer-

na handlar om begrepp inom evolutionsteorin kom ofta båda begreppen upp i intervjuerna ändå. Intervjuerna inleddes med att eleverna fick studera två bilder, som illustration till uppgiften (appendix 4).

8.2 Resultat – 'variationens uppkomst'

I detta avsnitt redovisas och diskuteras resultat från den 'ämnesdidaktiska analysen' på gruppnivå av de individuella intervjuerna. Dessa resultat jämförs med resultat från skriftliga test (kapitel 7).

Förklaringar till variationens uppkomst

Spontant anger de tio elever, som intervjuades innan evolutionsundervisningen orsakerna, miljöanpassning, skapelse, ärftlighet och mutation. I hälften av svaren som kategoriserats till miljöanpassning ingår också ett resonemang om behovsstyrning. Alla tio elever använder 'anpassning' antingen oklart eller på ett sätt som inte överensstämmer med evolutionsteorin:

Elev 121: *Jo, genom att klimatet ändras och var dom befinner sej och genom att anpassa sej till miljön. (Miljöanpassning)*

Elev 106: *Men, det måste ju vara så att dom, dom lever i olika delar, och då måste man anpassa sej. (Miljöanpassning + Behov)*

I: *Och om man tittar då på all den här variationen som finns, hur anser du att den har uppkommit?*

Elev 124: *Av det Gud skapade. (Skapelse)*

Elev 111: *Det har väl med DNA att göra.*

I: *Jaa.*

Elev 111: *Eller med gener och så, som man ärver ju typ.*

I: *Just det. På, hur kommer det sej att det är, att olika DNA ser olika ut, så att det blir olika egenskaper?*

Elev 111: *Hade det varit likadant, så hade det ju varit tråkigt, eller? (Ärftlighet)*

Mot slutet av intervjun får eleverna välja ett av svarsalternativen till flervalstuppgiften om variationens uppkomst. Hälften av eleverna väljer alternativet 'balans', tre 'strävan', en 'behov' och en 'mutation'.

Under undervisningssekvensen intervjuades 22 elever. Några dagar innan intervjuerna har eleverna diskuterat 'variationens uppkomst' i smågrupper. I dessa intervjuer har drygt två tredjedelar av eleverna med mutationer i sitt svar på inledningsfrågan:

I: *... Hur anser du att den variationen har uppkommit?*

Elev 6: *Mutationer sker ju slumpmässigt ... så den har ju inte uppkommit för att den behövs utan den har uppkommit så här av en ren slump och sen har de blivit bättre och då har de med sämre anlag dött ut ... och då har dom starkare överlevt och så har det utvecklats så från där.*

(Mutation)

Den resterande tredjedelen anger miljöanpassning som orsak. Eleverna använder också här 'anpassning' antingen oklart eller på ett sätt som inte överensstämmer med evolutionsteorin. I flera av dessa elevers svar ingår också andra alternativa idéer.

Elev 28: *Jag skilde min åsikt bland andra i gänget jag tyckte att ... dom tyckte att det uppkom genom slumpmässiga ... förändringar i arvsmassan och jag ansåg att det uppkom efter behov tycker jag det är svårt att förklara men både och liksom jag menar alla djur är anpassade efter sin miljö jag tror inte allting kan bara uppkomma av slumpen. Jag menar en isbjörn är perfekt anpassad efter sitt liv och en älg skulle aldrig kunna leva där likadant ... isbjörnen har anpassat sig och älggen har anpassat sig efter sitt liv så det kan inte bara vara slumpen.*(Miljöanpassning + Behov)

Elev 109: */.../ jag tror det är att alla djur utvecklas till och bli så bra som möjligt hela tiden, eller inte så bra som möjligt men i alla fall så att dom kan överleva bättre. Och det är väl därför det blivit så olika, det måste bli någon speciell balans i naturen, och därför blir det så variation. Så att inte alla, vissa djur äter upp alla andra djur utan då utvecklas dom andra djuren till nånting bättre också.*

I: *Mm.*

Elev 109: *Det är svårt att förklara hur jag tänker, men ...*

I: *Och själva nya variationen, vad är det som får den att komma?*

Elev 109: */.../ Det vet jag inte. ... Hur dom utvecklas menar du, eller...?*

I: *Mm. Hur nya egenskaper uppkommer, det är det jag är intresserad av.*

Elev 109: *Det är väl, det beror väl på hur dom lever och så, att dom lär sej, ja, dom lär sej hur dom ska leva och hur dom ska, ja, hm.*

I: *När du säger att dom lär sej, hur, vad menar du då?*

Elev 109: *Dom lär sej utveckla, dom, som när vi människor har utvecklats, vi har ju lärt oss att liksom att använda typ redskap och sånt där. Men hos vissa djur, som kanske fortfarande håller på med det dom håller på, strävar efter att bli bättre hela tiden. Det kommer väl från, nån kanske bara helt plötsligt lär sej att använda en pinne om han skulle öppna en nöt eller nåt sånt där.*

(Miljöanpassning + Balans + Inläring)

Bland samtliga intervjuade elever är det två som redan här använder termen 'naturligt urval' explicit och flera diskuterar innebörden utan att använda termen (7 elever).

Elev 7: *Jo, jag tror i första hand att den har uppkommit genom slumpvisa förändringar i arvsmassan. I andra hand kan jag säga så här att dom har nog inte vart ... själva förändringarna har vart slumpvisa men anledningen till att variationen blir så stor har varit det att dom förändringar som har visat sig vara bra det har gjort att dom individerna har fått fler ungar och bevarats bättre så och därför har det utvecklats till exempel en anka då den har blivit bra på att simma därför att*

dom individer som har förändrats till att bli bättre simmare dom har fått fler ungar då.

I: *Så det första är slumpvisa förändringar? Var sker dessa förändringar?*

Elev 7: *I arvsmassan.*

I: *Okej. Det sa du ja, och sedan är det inte slumpmässigt efter det, menar du?*

Elev 7: *Nej efter det så sker det naturliga urvalet att dom förändringar gör ... som sker ... det kommer ju att ske slumpvisa förändringar som gör att dom blir sämre eller någonting och då kommer dom antagligen inte att få lika många ungar eller leva lika länge.*

(Mutation + Naturligt urval)

Elev 20: *Ja det har ju skett genom evolutionen då ... djur slumpmässigt har ändrats och dom slumpmässiga ändringar som har skett som varit bra har kunnat överleva och dom som var sämre har dött ut och så har det gradvis blivit bättre och bättre.*

I: *Dom här slumpvisa förändringarna som du talar om var någonstans sker dom?*

Elev 20: *I DNA ... ja i genen som överförs till andra generationer ... sina barn och så.*

(Mutation + Naturligt urval)

När eleverna ombeds välja ett av svarsalternativen till flervalssuppgiften om variationens uppkomst, förkastar ett fåtal elever alternativet 'balans' medan endast två elever väljer det:

Elev 120: *Jaa ...Jaa, det stämmer, fyran, att det behövs stor variation för att få balans i naturen. För man kan ju inte ha en sort i naturen, för att en sak ska kunna överleva, typ en hare, behöver överleva, dom har ju tall och kottar och gräs och sånt. Och rovdjur behöver ju, vänta, kaniner, och ja, allting går runt, så man behöver mycket variation för att få balans i naturen.*

Eleven i citatet ovan har också med ett behovsresonemang i sin kommentar. Behovsalternativet accepteras åtminstone delvis av majoriteten av eleverna och väljs av fem elever:

Elev 128: *Ja, egenskap som uppkom när dom behövdes, det tycker jag stämmer väldigt bra. Eftersom dom anpassade, dom utvecklade sina egenskaper efter miljön. Så, ja, dom hade ju kanske inte dom innan, dom har utvecklats, ja.*

Det visar sig dock i intervjuerna att elever kan använda termen behov utan att anse att evolutionen eller variationens uppkomst är behovsstyrd. De använder behov i betydelsen fördelaktig:

Elev 35: *Ja, jag tror att egenskaper uppkom när de behövdes, men det är inte avsiktligt utan det är mutationer som ... sedan då ... utvecklas och lever vidare om dom är bra.*

Elev 7: *Men sen kan man också säga att dom uppkom ... men inte direkt när dom behövdes men ... dom som behövdes bevarades så det är ju lite samma sak.*

Över hälften av eleverna förkastar svarsalternativet 'strävan', men det är tre elever som väljer alternativet:

Elev 7: */.../ däremot tror jag inte att levande organismer strävar efter att utvecklas i alla fall inte medvetet så där. (Väljer Mutationsalternativet)*

Elev 34: *Ja ... levande organismer, ja, det är självklart att man strävar efter att typ utvecklas man vill inte bli kvar på samma plats hela, ja, livet då.*

Innan undervisningen startar resonerar ingen elev evolutionärt korrekt då de förklarar variationens uppkomst. Under undervisningssekvensen är andelen elever som resonerar evolutionärt korrekt 8 av 22 (1 elev exp2).

Uppfattning om mutationer

Endast en elev har med mutation som orsak till variationens uppkomst innan evolutionsundervisning på inledningsfrågan. Det framkommer dessutom att hälften av eleverna inte accepterar slumpmässiga förändringar.

I: */.../Och då undrar jag, hur du anser att den stora variation som finns, hur den har uppkommit?*

Elev 113: *Det här med mutation eller?*

I: *Jaa.*

Elev 113: *Ja, sen det där, ja, vad den behöver för att klara liksom, för att överleva å, är det det du är ute efter?*

I: *Ja, det är sånt jag är ute efter.*

Elev 113: *Ja för det är väl det?*

I: *Mm. Visst.*

Elev 113: *Måste ändra sig för att kunna anpassa sig till miljön.*

Elev 124: *... Det kan nog hända, fast jag vet inte, jag tror inte det. För att det är alldeles för bra för att det ska vara slump.*

I: *Mm.*

Elev 124: *Så organismerna tror jag ändrades på grund av att man vill att det ska vara så.*

Det är bara en elev som väljer alternativet –'Det har skett slumpvisa förändringar av organismernas arvs massa' (alternativ 2) – när de försätts valsituationen. Vid kommentarerna till de olika svarsalternativen accepteras dock 'mutation' åtminstone delvis av hälften av eleverna. Detta kan jämföras med intervjuerna under pågående undervisning där hälften av eleverna väljer mutationsalternativet och då de kommenterar de olika svarsalternativen accepteras det av samtliga elever.

Elev 12: *Tvåan där det är ju sant. Det är ju på grund av det att dom fått slumpvisa förändringar. Alla dom här är ju inte bra så dom fortsätter ju inte men dom som är bra ger upphov till variation.*

Förklaringar på olika organisationsnivåer

Av de totalt åtta elever som resonerar evolutionärt korrekt då de besvarar inledningsfrågan om orsaken till variationens uppkomst fördelar sig på följande organisationsnivåer:

- DNA/gen/kromosom- och individnivå (6 elever)
- DNA/gen/kromosom- och artnivå (1 elev)

- Individ- och artnivå (1 elev)

Elevernas förklaringar till variationens uppkomst ligger på olika organisationsnivåer, DNA/gen/kromosom-, individ- eller artnivå. I undervisningen har hittills variationen diskuterats på DNA/gen/kromosom-, cell- och individnivå. Det är 17 elever (av 32) som endast diskuterar på artnivå och de flesta diskuterar någon form av miljöanpassning. Några elever resonerar om mutationer på artnivå.

Elev 112: *Jag tror att det har mycket med miljön att göra. Variation mellan arterna har ju uppkommit därför att det har blivit klimatförändringar och för att maten har, tack vare klimatförändringar, så har ju maten blivit, så här, det är ju lite, så eller, dött ut, så därför har det ju kommit fler arter eller om man ska säga, jag vet inte.* (Miljöanpassning på artnivå)

Elev 16: *Jo, det är av mutationer som har skett liksom i kroppen på olika arter. En sån mutation kan vara positiv eller negativ. Är den bra och arten kan leva vidare så kommer den ju fram sen i arten och så fortsätter vidare. Är den negativ och förorsakar att arten dör så försvinner den. Ja, jag tror den har kommit fram så.* (Mutation på artnivå)

Några elever resonerar endast på DNA/gen/kromosom-nivå, andra både på DNA/gen/kromosom- och individnivå eller DNA/gen/kromosom- och artnivå och slutligen en elev som resonerar på individ- och artnivå:

Elev 113: *Det här med mutation eller?*

/.../

I: *Okey. Mutationer, vad är det för nånting för dej?*

Elev 113: *Det är gener, som förändras, det blir fel och så ändras då generna här, som blir på ett annat sätt, eller, det är när dom lägger sej på varandra och förflyttar sig från olika.* (DNA/gen/kromosom-nivå)

Elev 25: *... eller vi satt där och diskuterade och så tyckte vi att det var ... eller jag tyckte att det var typ slump fast ändå på nåt sätt ... alla alternativen på nåt sätt fast det var ju slump då men så ... dom starkaste ... survival of the fittest ... det var dom som fick bra genförändringar som var till fördel för individen överlevde ju. Så dom som hade negativa genförändringar dör ju så att säga av mutationer. Då blir det ju på sätt och vis då att individen behöver det på sätt och vis fast ändå inte.* (DNA/gen/kromosom- och individnivå)

Elev 12: *Ja, det har väl vart så att arterna har ... haft slumpmässiga förändringar i DNA sen så har dom som har varit bäst anpassade för den miljö dom lever i klarat sig då. Har dom hamnat i en annan miljö samma art kanske hamnar på olika ställen så har olika vad ska man säga ... egenskaper utvecklats just för den eller dom har ... eller det är dom som har klarat sig som har varit ypperst anpassade för just den miljö där dom hamnar. Så dom här slumpmässiga förändringarna /.../ Så dom som har haft bra förändringar har klarat sig ... dom har liksom haft sin miljö.* (DNA/gen/kromosom och artnivå)

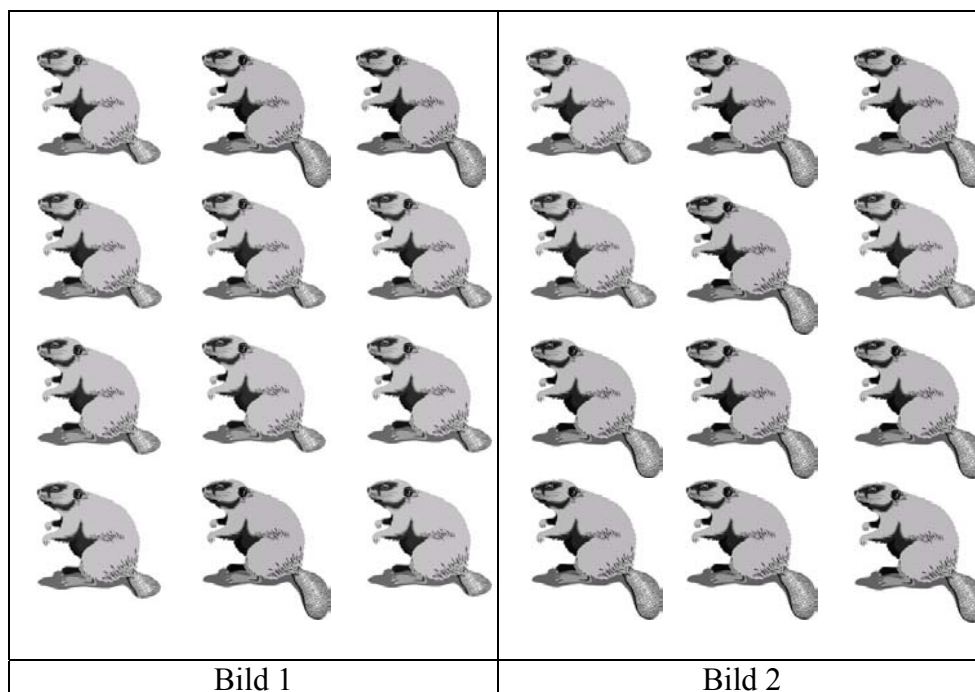
Elev 122: *Ja, men jag, jag tror att det är mest så här, att det förekommer så här mutationer, ständigt, fast när miljön ändras så, då och när en individ eller art måste anpassa sej till miljön, och när det förekommer såna här mutationer så, då*

är det kanske så att dom som har ärvt mutationen lever bättre än dom andra. Och det leder till att dom förökar sej, i den nya miljön, så skulle jag tro att det är, är så. Så det, så kanske att dom som har fått mutationen, dom lever bättre i vatten än dom som inte har det. Så kanske det blir fler. (Individ- och artnivå)

8.3 Resultat – 'naturligt urval'

I detta avsnitt redovisas och diskuteras resultat från den 'ämnesdidaktiska analysen' på gruppnivå av de individuella intervjuerna. Dessa resultat jämförs med resultat från skriftliga test (kapitel 7).

Intervjuerna inleddes med att eleverna fick se två bilder föreställande en bäverpopulation vid två tillfällen, många generationer emellan (figur 8.1). På bild 1 har majoriteten av bävrarna korta svansar och på bild 2 långa.



Figur 8.1. De två bilder som användes i intervjuer och smågruppsdiskussioner om 'naturligt urval' (bäveruppgiften).

Förklaringar till populationsförändringen i bäveruppgiften

I intervjuerna innan undervisningen startade har majoriteten av de tio eleverna alternativa idéer om orsaken till populationsförändringen dvs. behovsdriven evolution, anpassning till miljön, användning av bäversvansen och ärftlighet.

I: Hur skulle du kunna förklara en sådan populationsförändring?

Elev 120: /.../ Ja, att, förr i tiden var det väl, att då behövde bävrar kanske inte simma så mycket.

ELEVERS KUNNANDE –
metod, resultat och fortlöpande diskussion

I: *Mm.*

Elev 120: *Så nu bosätter dom sej ju nära vatten och sånt.*

I: *Ja.*

Elev 120: *Dom har ju, den där simsvansen, dom behöver, den krävs för att dom skulle lätt ta sig fram och tillbaka och sånt. Så kanske det har utvecklats sig på det sättet, att dom är mer skickligare simmare.*

(Behovsdriven evolution)

Elev 109: *Mm. Det är väl förhållandena, eller var dom lever nånstans och hur dom lever.*

I: *Mm.*

Elev 109: *Dom utvecklar det på nåt sätt.*

I: *Jaa, visst.*

Elev 109: *Men, ja det är väl, det är väl därför, tror jag.*

I: *Varför tror du att det har blivit just fler med längre svans?*

Elev 109: *För att dom har väl utvecklats att dom har ett samhälle som så här simmar kanske eller, ja, vad ska jag säga, dom kunde inte vara i vattnet så mycket före som dom är nu.*

(Utveckling eller anpassning till miljön)

Elev 116: *... Dom har jobbat, dom jobbar mer med svansen.*

I: *Jah.*

Elev 116: *Det är därför svansen har utvecklats mer och mer...*

(Användning av bäversvansen)

Elev 114: */.../ Ja, om det är så här att, vi säger om dom har parat ihop sej, så kanske det är, kanske bättre att dom har, deras kanske, ärftligheten kanske varit mer, att dom har fått det bättre, dom här som har långa svansar. Så kanske dom har fått längre svans, och dom, ja, dom kanske har fått det lättare, dom här som haft längre svans och sånt.*

I: *... Mm. Så dom har fått, nu förstår inte jag riktigt, dom har fått, dom har fått mer...*

Elev 114: *Vi säger, om det är såna hära, om det är en med kort och en med lång svans, som har parat ihop sej, så när dom skulle, ja, få det hära, alltså har det hära med längre svans haft starkare och dom för det vidare. Så det är därför dom fått längre svans då.*

I: *Åh, nu förstår jag vad du menar.*

(Ärftlighet)

De återstående två eleverna kommer in på evolutionära resonemang innehållande komponenterna 'variation' och 'överlevnad':

Elev 122: *Jaa. Det är vissa som säger så här att dom anpassar sej till naturen.*

I: *Mm.*

Elev 122: *Men det tror jag inte på, jag tror det är, det är mer så, att det händer mutationer på nåt sätt.*

I: *Jaa.*

Elev 122: *Så klarar sej den delen av bävrar bättre än andra. Så för att, om det skulle vara så att dom, till exempel dom, anpassar sej till naturen då, då skulle inte, då skulle alla ha långa svansar här.*

I: *Jaa.*

Elev 122: *Men det har dom ju inte.*

I: *Nä.*

Elev 122: *Så det måste vara mutationer tror jag.*

I: *Du tror att det har skett en mutation, som gör att, men vad kommer det sej att den mutationen så att säga det blivit så många, som har den här?*

Elev 122: *Och dom har ju klarat sej bättre.*

Elev 122 ovan diskuterar anpassa och det framgår att han inte lägger den evolutionära innebörden i termen.

I intervjuerna under pågående undervisning för majoriteten (35 av 39) av eleverna resonemang med vetenskapliga idéer. De använder ett varierande antal av komponenterna 'variation', 'överlevnad', 'reproduktion', 'arv' och 'ackumulation'. I exp1 har 16 av 29 elever med fyra eller fem komponenter i sina resonemang om orsaken till förändringen i bäverpopulationen jämfört med 2 av 10 elever i exp2.

Här följer några exempel på intervjuavsnitt. Först ett där eleven har med samtliga fem komponenter under ett relativt kort resonemang:

I: ... *Hur skulle du förklara den här populationsförändringen?*

Elev 24: *Ja, det är väl att, dom som har kortare svans dom simmar kanske sämre.*

I: *Mm.*

Elev 24: *Å så, då dör dom ju. Kanske dom gör.*

I: *Mm.*

Elev 24: *Å så lever dom, dom som har större svans klarar sig bättre, får fler ungar å så deras gener lever kvar. Å då blir det fler med större svans senare ... längre svans.*

(Alla fem komponenterna)

Elev 118: */.../ Antagligen så överlevde dom med lång svans bättre än dom med kort svans.*

I: *Jaa.*

Elev 118: *Så dom får väl, ja, eftersom dom klara sej bättre, så får dom möjligheten att få fler avkommor.*

I: *Mm.*

Elev 118: *Och till slut så blir dom bara fler. Dom andra, som inte klarar sej lika bra, dör väl, antagligen, så dom blir mindre.*

(Alla komponenterna utom arv)

Elev 25: *Att det är till fördel för de individer som hade det vid tidpunkt ett, så dom har överlevt och naturligt urval har gjort att dom har förökats mer än dom.*

(Komponenterna variation, överlevnad och reproduktion)

Det sista citatet är ett exempel på en elev som använder termen 'naturligt urval' i sitt resonemang. I exp1 använder sammanlagt åtta elever termen spontant i exp2 ingen.

Fyra elever resonerar om bäverpopulationens förändring med alternativa idéer.

/.../

Elev 117: *Jag vet inte, men det kan väl vara så att honorna tyckte liksom att det här var, eller jag vet inte, faktiskt. Jag, ja, men det kan va liksom så här att, det blev bara så, för att, ja, dom kanske klara sej lite bättre med korta här, och sen liksom, sen kom det nåt som börja dom liksom utveckla, eller dom började anpassa sej till miljön. Eller nåt sånt var det möjligtvis.*

(Allmänt miljöanpassningsresonemang)

Elev 127: *Jo, jag tror att dom, vad hette det, fört vidare, deras gener har förts vidare.*

I: *Mm. Varför har dom här med lång svans fört vidare sina gener mer då än dom med kort?*

Elev 127: *Jaa, just det. Men sen kanske det beror på hur den lever också.*

I: *Mm.*

Elev 127: *Den kanske lever, den kanske behöver en längre svans och, typ som att typ änder behövde sina simfötter när dom ...*

I: *Jaa.*

Elev 127: *Eftersom det fanns mer mat i sjön, så, tog dom sej dit istället. För dom kanske behövde dom här långa svansarna också så att ...Miljön kanske ändrades då ...*

(Behov + Ärftlighet)

Elev 16: *... Jaha, jo nu fattar jag, jo här verkar det vara liksom att mutationerna att ha en stor svans verkar finnas liksom eftersom det verkar vara bra i det stället, men här verkar det vara tvärtom, att dom behöver inte så lång svans här.*

(Behov)

Det är oklart om Elev 16 i citatet ovan anser att mutationerna har uppkommit på grund av behov eller om de finns kvar i populationen på grund av behovet. Den senare tolkningen kan innebära att förklaringen överensstämmer med evolutionsteorin. Det är dock inte möjligt att avgöra vad eleven menar och intervjuaren går inte vidare.

Uppfattning om reproduktionens betydelse

Det framkommer vid analysen av elevernas kommentarer till det första svarsalternativet '*Vissa individer är bättre på att föröka sig än andra* (reproduktion)' till flervalssuppgiften om populationsförändringar att inte alla elever ser sambandet mellan reproduktion och populationsförändringar. I intervjuerna innan undervisningen anser tre av tio elever att det inte kan vara en orsak till populationsförändringar:

Elev 122: *Så du menar, att dom, om man säger så, att dom som har längre svansar förökar sej bättre än andra, det tror jag inte på.*

Bland de 39 elever som intervjuas under pågående undervisning anser 20 att alternativet kan vara en förklaring:

Elev 5: /.../ *Ja, ettan då 'Vissa individer är bättre på att föröka sig än andra' är väl kanske att honorna drar sig till hanar som är starkare, eller ja, vackrare eller som det är med typ grodor dom som ropar högst eller nåt sånt där.*

I: *Hm.*

Elev 5: *Sådana individer klarar sig bättre än små och svaga och liknande.*

I: *Och det skulle kunna förklara en sådan här populationsförändring?*

Elev 5: *Ja, precis. Att populationen blir starkare, större och bättre med tiden.*

Elev 117: /.../ *Ja, på ettan, det står så här: Vissa individer är bättre på att föröka sig än andra. Det kan va så för att liksom dom, är dom starkare, så klarar dom sig bättre på att föröka sig än om dom är svaga. Lever inte länge och så dör dom ut. /.../*

Resten anser att förökningsförmåga inte har med populationsförändringar att göra och några är osäkra. Så här resonerar en av dem som inte ser sambandet:

Elev 28: *'Vissa individer är bättre på att föröka sig än andra' det är dom väl, men ... förökning har inget med förändring och göra tror jag.*

Intervjuerna avslutades med att eleverna först får kommentera de olika svarsalternativen på flervalssfrågan om populationsförändringar, som i citaten ovan. Därefter väljer de ett av svarsalternativen. Både alternativet 'reproduktion' och alternativet '*Vissa individer svälter ihjäl, medan andra överlever genom att flytta till nya områden (flytta)*' kategoriseras som vetenskapliga idéer. Reproduktionsalternativet väljs av varierande andel elever vid de olika testtillfällena (tabell 8.1). Alternativet 'flytta' förkastas av ett fåtal elever då de kommenterar det. Innan undervisningen är i och för sig många elever osäkra, men under pågående undervisning accepteras alternativet av så gott som samtliga 39 intervjuade elever.

Tabell 8.1. Andelen elever (i procent) som väljer de olika svarsalternativen i flervalssuppgiften om orsak till populationsförändringar vid olika testtillfällen.

Testtillfälle	'Reproduktion'	'Flytta'	'Behov'	'Anpassa'
Förtest n=79	1	24	6	67
Intervju innan n=10	10	40	20	30
Intervju under n=39	46	31	5	18
Eftertest n=79	27	33	13	25

I själva valsituationen välj alternativet vid intervjuerna av knappt hälften innan undervisning och av knappt en tredjedel under undervisningen.

Olika betydelse av 'behov'

Liksom i flervalssuppgiften om variationens uppkomst finns här ett behovsalternativ '*Organ och strukturer som behövs utvecklas*'. Detta svarsalternativ accepteras åtminstone delvis av 9 av de 10 intervjuade eleverna då de kommenterar alternativet innan undervisning:

Elev 120: '*Organ och struktur som behövs utvecklas.*' *Jaa, man vet aldrig. Kanske om tio år, kanske fåglarna kan ha större vingar. Man vet aldrig, kanske dom behöver mer såna där för att kunna överleva.*
/.../

Men behovsalternativet har procentuellt sett mycket färre anhängare i intervjuerna under pågående undervisning (16 av 39) då alternativet kommenteras. Några elever använder också i dessa intervjuer 'behov' så att det överensstämmer med evolutionsteorin:

Elev 31: /.../ *Trean tycker jag stämmer bra in.*
/.../

Elev 31: *Ja. 'Organ och struktur som behövs utvecklas'. Det måste ju ske en mutation för att det ska utvecklas det är ju inget de kan påverka.*

En liten andel av eleverna väljer behovsalternativet i förtest, eftertest och i valsituationen under intervjuerna på flervalssuppgiften om orsak till populationsförändringar (tabell 8.1).

Uppfattningar om 'anpassning'

Det fjärde svarsalternativet '*Individer kan anpassa sig för att överleva (anpassa)*' väljs av majoriteten av eleverna i förtestet, där det blir uppenbart att eleverna förknippar anpassning med evolution. Andelen elever som väljer alternativet är betydligt mindre vid de senare testtillfällena (tabell 8.1).

Då alternativen kommenteras under intervjuerna accepteras det av flertalet elever innan undervisning:

Elev 107: /.../ *Ja, men det gör det väl, men ...det är väl så, dom anpassar efter var dom lever och klimatet och miljön å sånt.* (Kommentar till behovsalternativet, nr 3)
/.../

Elev 107: *... Men, den här fyran, individer kan anpassa sej för att överleva, det är nästan som trean, dom anpassar sej. För om dom inte anpassar sej skulle dom inte klara sej så bra på nya ställen å sånt som klimatförändringar å sånt. Och miljöförändringar. ...*

Under pågående undervisning accepteras åtminstone delvis alternativet fortfarande av över hälften av eleverna. Dessutom visar det sig under intervjuerna att endast ett fåtal elever förstår den evolutionära innebörden av

'anpassa' (t.ex. Elev 25), medan majoriteten inte gör det (t.ex. Elev 33 och Elev 124).

Elev 25: *Det stämmer inte riktigt för det skulle ju vara då individen gjorde det, det är ju mer hela populationen som anpassar sig för att överleva. Ingen av dom kommer jag ihåg, det var väldigt svårt att välja på just den punkten, när vi gjorde testet.*

Elev 33: *Individer kan ju anpassa sig för att överleva, det är ju en stor del. Jag menar om inte djuren kan anpassa sig så åker dom ut. Dom klarar sig inte, men det finns ju alltid individer som klarar sig, på ett eller annat sätt, genom att flytta, genom att utveckla några andra behov och såna grejer.*

Elev 124: *Och. Individer kan anpassa sej för att överleva. Ja, det tror jag. Och i såna fall är det dom här mutationerna som gör att dom kan anpassa sej och inte för att dom själva vill det.*

8.4 Diskussion

Många av de resultat som framkommer vid analysen av de skriftliga uppgifterna (kapitel 7) bekräftas i detta kapitel. Detta överensstämmer med det resultat som Redfors och Ryder (2001) samt Ekborg (2002) får.

... the written survey and interview responses for individual students are strikingly similar. Indeed, the categorization of statements in the interview transcripts matches that of the written responses for all of the interviewees. This suggests that the written survey responses as a whole are successful in capturing the general features of students' explanations. (Redfors & Ryder, 2001 sidan 1291)

Nästan alla de intervjuade studenterna svarar åtminstone på någon punkt bättre i intervjuerna än i enkäterna men inte genomgående. För några studenter bekräftar intervjuerna enkätsvaren... (Ekborg, 2002 sidorna 179-180).

Anderson et al. (2002) finner då de använder 20 flervalsuppgifter i ett test en positiv korrelation med intervjuresultat.

De intervjuresultat som överensstämmer med resultat från skriftliga testuppgifter är:

- att alla elever inte accepterar slump innan undervisning
- att befintlig variation är en nyckelidé
- att alla elever inte inser reproduktionens betydelse
- att elever kan använda 'behov' utan att innebörden är en behovsstyrd evolutionsprocess
- att det evolutionära begreppet 'anpassa' är svårt
- att elever ger uttryck för liknande alternativa idéer
- att elever uppfattar uppgifterna på olika organisationsnivåer

Slumpmässiga förändringar accepteras inte av alla elever innan undervisning. Däremot visar det sig i intervjuerna under den pågående undervis-

ningen liksom i prov/hemtentamen och eftertest att slumpmässiga mutationer accepteras av så gott som samtliga elever. Hälften av eleverna väljer dessutom mutationsalternativet på flervalsuppgiften om variationens uppkomst i intervjuerna och drygt tre fjärdedelar på eftertestet. Detta överensstämmer med vad Jensen och Finley (1995) finner, nämligen att elever och studenter lär sig variationens uppkomst genom mutationer utan några större svårigheter genom undervisning.

Om man jämför resultaten från intervjuerna med den öppna uppgiften om variationens uppkomst i prov/hemtentamen anger eleverna som grupp färre orsaker under intervjuerna. Mutationer och miljöanpassning som är de vanligaste orsakerna i intervjuerna är också två av de tre vanligaste i provet. Bizzo (1994) finner också i sina intervjuer att miljön anses vara huvudkällan till variation. Den tredje vanligaste orsaken i prov/hemtentamen är naturligt urval. Endast två elever har med urval i intervjuerna och att det inte är fler kan förklaras av att naturligt urval ännu inte har diskuterats på lektionerna.

Om eleven inser att det finns en befintlig variation i en population kommer evolutionsresonemang relativt oproblematiskt. Detta resultat framkom vid analys av geparduppgiften (kapitel 7). I bäveruppgiften visas variationen i populationen explicit och majoriteten av eleverna kommer också in på ett vetenskapligt evolutionsresonemang. Under intervjuerna om naturligt urval använder samtliga elever överlevnadskomponenten i sina resonemang om de inser den befintliga variationen. Resultaten tyder alltså på att befintlig variation är en nyckelidé.

Färre elever har med reproduktions- än överlevnadskomponenten, trots att det är den förra som är den avgörande av de två, eftersom en överlevnad utan reproduktion inte medför större andel i nästa generation. I geparduppgiften i för- och eftertest var reproduktionskomponenten den som fanns med i lägst frekvens, i intervjuerna är det dock arvskomponenten. Då eleverna kommenterar alternativen i flervalsuppgiften om populationsförändringar i intervjun om 'naturligt urval' visar det sig att flera elever inte inser förökningens betydelse för evolutionära förändringar. De ser reproduktionsförmåga som en egenskap helt oberoende av andra egenskaper. En anledning kan vara att de inte tänker på att detta medför fler avkommor utan bara ser på själva uttrycket 'bättre på att föröka sig'. Svartalernativet är inte välformulerat, men det kanske är just på grund av detta som det i intervjuerna framkommer att inte alla elever förknippar reproduktion med evolutionära förändringar.

I både intervjuerna om 'variationens uppkomst' och om 'naturligt urval' diskuteras behovsstyrd evolution. Denna alternativa idé finns med som möjligt svarsalternativ i de båda flervalsuppgifter som diskuteras i intervjuerna. Många elever väljer behovsalternativet på förtestet och under intervjuerna accepteras alternativet åtminstone delvis av majoriteten av eleverna, men få väljer det både under intervjuerna och i eftertestet. I intervjuerna liksom i de skriftliga testen använder elever termen behov utan att anse att evolutionen eller variationens uppkomst är behovsstyrd. De använder behov i betydelsen fördelaktig.

På uppgiften om populationsförändringar väljer majoriteten av eleverna svarsalternativet 'anpassa' på förtestet, medan ungefär en fjärdedel av eleverna gör detta val i intervjuer och på eftertestet. De flesta intervjuade elever accepterar dock svarsalternativet åtminstone delvis. Det blev uppenbart i intervjuerna om 'naturligt urval' att den evolutionära betydelsen av 'anpassa' är svår, vilket många andra forskare visat och som också framkommer i analysen av de skriftliga testen (se kapitel 7). Här liksom i de skriftliga testen framkommer att eleverna ser anpassning till miljön som den process som leder fram till evolutionära förändringar.

På inledningsfrågan i intervjuerna om 'variationens uppkomst' är det oklart på vilken organisationsnivå eleven förväntas svara, och de svarar också på olika nivåer. De flesta elever svarar på endast en organisationsnivå, men nio elever har med två olika nivåer. Alternativerna på flervalsuppgiften om variationens uppkomst speglar också olika organisationsnivåer. Behovsalternativet kan tolkas på flera nivåer, mutationsalternativet är på DNA/gen/kromosomnivå, strävansalternativet är på individnivå och balansalternativet är på ekosystemnivå. I flervalsuppgiften finns ett vetenskapligt svarsalternativ, 'mutation', medan eleven på den öppna uppgiften kan svara på olika sätt utifrån vilken organisationsnivå han/hon väljer. Även på provet respektive hemtentamen besvaras uppgiften på olika organisationsnivåer.

Efter analysen av förtestet blev det tydligt att eleverna i exp2 har sämre evolutionär förförståelse jämfört med eleverna i exp1. Även om skillnaderna inte är signifikanta då rangsummorna jämförs, så visar de signifikant sämre evolutionär förförståelse på t.ex. geparduppgiften. Detta verkar ha stor betydelse för hur de resonerar om variationens uppkomst då de svarar på inledningsfrågan i intervjuerna under pågående undervisning. Endast en elev i exp2 resonerar evolutionärt korrekt medan över hälften av eleverna i exp1 gör det. Även resultaten av intervjuerna om 'naturligt urval' visar detta. En större andel elever i exp1 hade med de flesta komponenterna i sina svar på bäveruppgiften.

KAPITEL 9

SMÅGRUPPSDISKUSSIONER

Syftet med att utföra strukturerade smågruppsdiskussioner är på samma sätt som med intervjuer att undersöka elevernas begreppsförståelse i evolutionsteori. Resultaten från analysen av smågruppsdiskussionerna jämförs med resultaten från skriftliga test (kapitel 7) och strukturerade intervjuer (kapitel 8). De ger också underlag till analyserna av elevernas individuella utveckling av kunnskap i evolutionsteori (kapitel 11). I detta kapitel redovisas och diskuteras resultaten från analysen på gruppnivå. Smågruppsdiskussionerna bidrar med underlag för analysen av elevernas förståelse av evolutionära begrepp under pågående undervisning.

Förutom syftet ovan fanns ytterligare ett, nämligen att ur ett forskningsperspektiv jämföra resultat från strukturerade smågruppsdiskussioner med mera tidskrävande individuella intervjuer. Intervjuer är en forskningsinsats som troligen påverkar elevernas lärande genom att utgöra ett extra reflektionstillfälle utöver undervisningen i sig. Smågruppsdiskussioner däremot är en integrerad del av undervisningen, samtidigt som de kan ge forskaren intressanta data.

9.1 Utförande

En uppgift för diskussion i smågrupper konstrueras efter det att intervjuerna om 'naturligt urval' från exp1 hade analyserats. Utifrån denna analys gjordes en detaljerad instruktion till en smågruppsdiskussion med olika uppgifter att besvara, kommentera eller diskutera (se appendix 5). Eftersom det i exp3 bland elevernas val av svarsalternativ på flervaluppgiften om orsak till populationsförändring i förtestet inte var någon större variation, delades eleverna slumpmässigt in i fem grupper. Varje grupp bestod av tre eller fyra elever. Alla utom en videofilmades, eftersom en elev inte gav sitt samtycke till detta. Grupperna fick först muntliga instruktioner och lämnades därefter ensamma framför videokameran. Dessa smågruppsdiskussioner genomfördes under lektion 6.

Videoinspelningarna studerades och samtalen skrevs ut ordagrant innan analysen startade. Dessa utskrifts gjordes av mig och överfördes sedan till vår databas på samma sätt som intervjuutskrifterna. Därefter användes en 'ämnesdidaktisk analysmetod' på motsvarande sätt som i intervjuanalyserna. Endast det som sades muntligt beaktades.

9.2 Resultat

Smågruppsdiskussionerna inleddes på samma sätt som intervjuerna om 'naturligt urval' med att eleverna i gruppen får se de två bäverbilderna (figur 8.1) och ombads förklara den förändring som skett i populationen mellan bild 1 och 2. Samtliga fyra videofilmade grupper kommer in på korrekta evolutionära resonemang, som analyseras genom att undersöka vilka av de fem komponenterna 'variation', 'överlevnad', 'reproduktion', 'arv' och 'ackumulation' som finns med. Alla grupperna resonerar om variationen i populationen, som är given explicit i bilderna. Samtliga grupper diskuterar därefter skillnader i överlevnad mellan bävrar med olika lång svans. Antalet komponenter som grupperna har med i sina resonemang varierar mellan tre och fyra.

Grupp1: 'variation', 'överlevnad' och 'reproduktion'

Grupp2: 'variation', 'överlevnad', 'arv' och 'ackumulation'

Grupp3: 'variation', 'överlevnad' och 'ackumulation'

Grupp4: 'variation', 'överlevnad' och 'arv'

Endast en grupp har alltså med reproduktionskomponenten.

Nedan följer ett utdrag från diskussionen i grupp2 där de fyra eleverna tillsammans, men med elev E som drivande, resonerar sig fram till ett svar innehållande fyra komponenter. Det är reproduktionskomponenten som saknas.

E: ...Självklart är det, eller självklart ska jag inte säga, men det är förmodligen som så att här är det många som har korta svansar.

D och G: Mm.

E: Dom som hade långa svansar där dom har ju klarat sig bättre på grund av att dom, ok jag vet inte, simmar bävrar med svansen?

D: Simmar och olika ...

E: Ja, och, ja, och han simmar iväg snabbare med den svansen och klarar undan faror och kanske ...

G: Dom bygger väl med ... bygger ju sina ...

E: Och kanske tar fisk lättare å så.

D: (Otydligt) Bankar med den

G: Bankar å så nånting och ...

E: Ja ja ...

F: Överlever bättre i alla fall

E: Han överlever bättre. Och då är det klart att hans avkomma, ja då blir det så att, ja att avkomman får längre svans och då blir det ju så till slut, ja.

D: Mm, det blir fler som har ...

Ingen av grupperna nämner spontant termen 'naturligt urval' i sina resonemang även om de alla använder innebörden.

Gruppernas kommentarer till olika svarsalternativ

På samma sätt som eleverna i intervjuerna får eleverna i grupperna i upp-
gift att kommentera de fyra svarsalternativen till en av flervalsuppgifterna i
förtestet, den om orsaken till populationsförändringar.

- Svvarsalternativet 'reproduktion':

Vissa individer är bättre på att föröka sig än andra

Grupp1 avfärdar detta alternativ direkt och samtliga tre gruppmed-
lemmar verkar ense:

*B: ... Men den här då: Vissa individer är bättre på att föröka sig. Det är det ju
inte i alla fall.*

A och C: Nej.

...

*A: Dom blir nog inte bättre på att föröka sig bara för att de har en längre svans.
Det är sant.*

Grupp2 väljer att inte kommentera detta alternativ och grupp3 och 4
accepterar det. I grupp3 blir det en diskussion mellan två av gruppens
tre medlemmar. Elev H avfärdar först svarsalternativet och elev I ar-
gumenterar för och förklarar hur hon tänker och då inser elev H att al-
ternativet är rimligt.

H: Ettan, att vissa individer är bättre på att föröka sig än andra, det, nej.

I: Eller jo, om dom dör så kan dom ju inte föröka sig. Jag menar ...

H: Men räknas dom som är döda?

*I: Jo, men om du tänker dom med korta svansar dom förökar sig ju inte lika bra
eftersom dom överlever sämre.*

H: Ja, ja, du menar att dom dör tidigare. Ja, ja.

- Svvarsalternativet 'flytta':

*Vissa individer svälter ihjäl, medan andra överlever genom att flytta till nya om-
råden.*

Grupp2 kommenterar inte heller detta och de tre övriga grupperna
verkar acceptera alternativet mer eller mindre, men inte med någon
större entusiasm.

- Svvarsalternativet 'behov':

Organ och strukturer som behövs utvecklas.

Grupp1 väljer att inte kommentera alternativet. I grupp2 inleds diskus-
sionen med att en elev tycks acceptera det och då uppstår en diskus-
sion om slump.

D: Jag tycker det verkar va som trean, att organen dom ... svansen utvecklas ...

*G: Utvecklas, de kan inte vara små hela tiden, kroppen så här stor och svansen så
då måste det väl ...*

E: Jag tror inte att det utvecklades för, liksom, för att det behövs, utan jag tror att det är en slump och att nån har fått det ...

G: Att det bara är en slump?

E: ... och i och med att han klarade sig bättre och hans, hans avkommor får också långa svansar och på så sätt klarar dom sig bättre. Jag tror inte att den svansen blir längre för att ... den måste bli längre, då blir den längre

D: Eller, det är samma. Jag behöver hoppa bättre, så jag hoppar, så blir jag bättre.

F: Nej, jag tror så här. Det avgörande som är miljön, var dom lever någonstans. Dom skulle inte behöva en lång svans om dom levde på land. Eller hur?

E: Nej det är så klart att dom inte skulle behöva.

F: Nej, exakt, därför är det miljön som avgör typ, hur lång svans dom ska ha då.

E: Det är möjligt.

F: Och dom lever i vattnet så då är det ju bättre att dom har längre svans.

E: Ja, ja, men, men...

F: Men, det är inte meningen, i början var det slump.

E: Så du menar ...

F: I början var det slump

E: Ja, ja det är det jag menar.

F: I början var det slump. Typ när man kastar tärningar, så kom det tvåor, då var det slump, men sen valde man.

Två elever i grupp3 resonerar om skillnaden mellan tredje och fjärde svarsalternativen och en av eleverna anser att de är ungefär samma sak. En av de andra två eleverna i gruppen försöker invända mot detta, men diskussionen slutar utan att det går att avgöra om de accepterar behovsalternativet eller ej:

H: Och dom kan anpassa sig för att leva, för att överleva. Är inte det lite samma sak, att dom anpassar sig genom att, utveckla dom organ som behövs. Trean och fyran är väl sam...

I: Men det kan väl vara ... Trean är inte den mer liksom ...

H: Långsiktigt?

I: Ja, men, ja.

H: Ja.

I: Men man kan inte bara, jag menar ... man kan ju inte få längre svans om man föddes med en kort svans.

H: Nä.

I: ... man kan behöva andra saker kanske...

I grupp4 avfärdas behovsalternativet av en elev och ingen av de övriga eleverna säger emot. Han refererar till det rollspel som eleverna gjorde under fjärde lektionen, där han gestaltade Lamarck.

M: Men den där trean: Organ och strukturer som behövs utvecklas. Det är den där Locke, eller vad han heter, som jag var. Som trodde nu vill jag ha långa ben nu får jag det. Den kan man la stryka helt.

- Svarsalternativet 'anpassa':

Individer kan anpassa sig för att överleva

Grupperna 1 och 2 resonerar om vad anpassning betyder evolutionärt. Det framgår att de håller på att skapa en evolutionär förståelse av 'anpassa'. En liten del av diskussionen i grupp1:

A: Den här förklarar ju inte. ... Eller det är ju inte individen som anpassar sig utan, eller.../fast det är det ju ...

B: Det är det ju också, om man säger.

En del av diskussionen i grupp2:

D: Anpassa sig. Det beror ju på, jag kan ju anpassa mig till att leva på ett speciellt sätt, men jag ändras ju inte...

F: Det är frågan: Är det individer typ som anpassar sig, så ser ni typ ja, att han anpassar sig, så blir det typ som oss, så blir det fler och fler som kan anpassa sig.

E: Nej, det där typ tror jag inte på. Vad menar du liksom ... Åh ... Det beror ju på liksom. Det är ju inte jag som bestämmer att jag ska få en längre svans.

Gruppernas val av svarsalternativ

Efter diskussionen om de fyra olika svarsalternativen ombeds grupperna försöka ena sig om ett av de fyra alternativen. Alla grupper har problem att välja ett enda svarsalternativ och så här uttrycker eleverna sig i två grupper:

B: ... Men det är ju, egentligen så är det ju, det är ju inte ett alternativ som där är svaret utan ...

A: Lite allt möjligt å så typ ...

B: Blandning av naturligt urval och såna saker

E: Ska vi välja ett alternativ, vilket som passar bäst till det där då. Jag vet faktiskt inte, vilket man ska ta. Jag skulle vilja säga en blandning.

F: Måste det vara en, eller?

E: Trean fyran

D: Ja.

Grupp1 enas slutligen om 'anpassa', grupp2 stannar vid antingen 'behov' eller 'anpassa', grupp3 lyckas inte enas och i grupp4 verkar alternativen 'reproduktion' och 'flytta' föredras.

Efter det att alla grupperna är klara med sina smågruppsdiskussioner samlas hela klassen och diskuterar vad de kommit fram till (se lektion 6 i kapitel 6). I samband med detta har läraren en föreläsning om den evolutionära innebörden i 'anpassa'. I genomgången diskuteras det resultat eleverna kom fram till i smågrupperna tillsammans med de vetenskapliga förklaringarna. Denna genomgång genomförs vid ett tillfälle då eleverna har tänkt och resonerat om detta i smågrupper och antagligen är motiverade att höra den vetenskapliga förklaringen.

9.3 Diskussion

Flera av de resultat som kom fram vid analysen av de skriftliga testen och intervjuerna bekräftas av resultat från smågruppsdiskussionerna. Alla tre metoderna visar att befintlig variation är en nyckelidé för evolutionsresonemang, att eleverna har svårigheter att se reproduktionens betydelse, att de har svårigheter med det evolutionära begreppet 'anpassa' och att de som använder 'behov' inte behöver ha uppfattningen att evolutionen är behovsstyrd.

Antagandet att om man visar den i populationen befintliga variationen explicit så blir det lättare för elever att föra korrekta eller acceptabla evolutionära resonemang stöds av resultaten från smågruppsdiskussionerna då samtliga grupper för sådana resonemang.

I svaren på geparduppgiften på för- och eftertest ingår reproduktionskomponenten med lägst frekvens och endast en grupp har med denna i sin diskussion av bäveruppgiften här. Även om antalet grupper är få indikerar detta att 'reproduktion' ofta saknas i elevers evolutionsresonemang. Vid analys av intervjuerna framkom att flera elever inte insåg sambandet mellan reproduktion och populationsförändringar. Då grupperna kommenterar de olika svarsalternativen visar det sig även i smågruppsdiskussionerna att inte alla elever inser detta samband. Det är intressant att se hur en elev som förkastar reproduktionsalternativet får motargument som gör att han ändrar sig.

När det gäller svårigheter med den evolutionära förståelsen av 'anpassa' och innebörden av 'behov' framkommer liknande jämförbara resultat här som i de skriftliga testen och i intervjuerna. När det gäller diskussionen av dess begrepp hänvisar jag till kapitel 7 och 8.

Även om antalet grupper är få tyder ändå resultaten på att det ur forskningssynpunkt framkommer liknande resultat som vid intervjuerna vad gäller elevernas evolutionsförklaringar och kommentarer till de olika svarsalternativen. Detta behöver dock undersökas ytterligare. Är man intresserad av elevernas individuella begreppsutveckling missar man förstås många av de tysta eleverna vid gruppdiskussioner. Fördelarna med dessa är dock att eleverna får höra kamraters idéer, får tillfälle att diskutera undervisningsinnehållet och argumentera för sina idéer. Ytterligare en fördel är att gruppdiskussioner kan ingå som ett extra reflektionsstillfälle under en ordinär undervisningssekvens, vilket intervjuer svårligen kan.

KAPITEL 10

INTERAKTIV INTERNETUPPGIFT

Syftet med att utföra den individuella databasdrivna internetuppgiften är att med ytterligare en metod undersöka elevernas begreppsförståelse i evolutionsteori. Resultaten från analysen av denna uppgift kommer att jämföras med resultaten från skriftliga test (kapitel 7), strukturerade intervjuer (kapitel 8) och smågruppsdiskussioner (kapitel 9). Även dessa resultat utgör underlag till analyserna av elevernas individuella utveckling av kunskande i evolutionsteori (kapitel 11). Uppgiften (renvarguppgiften) bidrar med underlag för analysen av elevernas förståelse av evolutionära begrepp under pågående undervisning.

10.1 Utförande och analys

Evolutionsteorin sammanfattades under lektion 5 och denna uppgift ingick i lektion 6. Undervisningsinnehållet fram till denna lektion anser vi möjliggör för eleverna att använda evolutionsteorin som ett naturvetenskapligt verktyg. I uppgiften ingår att reflektera över sina egna svar. Det finns alltså ett metakognitivt inslag.

Varje elev besvarade uppgiften framför datorn och svaren överfördes automatiskt till vår databas. De uppmanades att använda evolutionsteorin i uppgiftens olika delar. Uppgiften är interaktiv och databasstyrd på så sätt att efter att ha besvarat första deluppgiften får eleverna ytterligare upplysningar och tillfrågas om han/hon önskar förändra sitt svar. Detta upprepas ytterligare fyra gånger. Därefter får eleven en översikt över de svar han/hon har skickat in och möjlighet att kommentera dessa. Sedan följer ett utdrag från en engelskspråkig lärobok (DeVore, Goethals & Trivers, 1974) som förklarar renvarguppgiften. Eleverna ombeds jämföra denna text med de svar de själva skrivit. För detaljer se appendix 6 och följande internetadress: <http://na-serv.did.gu.se/evolution/ren1.html>.

En ämnesdidaktisk analysmetod, som tidigare beskrivits, används då elevernas resonemang i renvarguppgiften tolkas.

10.2 Resultat

- Deluppgift Ren 1

Eleverna får explicit veta att det finns en befintlig variation i populationen med avseende på benlängd:

En population vildrenar observerades av en viltforskare under några dagar. Hon observerade att det fanns en stor variation i renarnas benlängd. Hon beslöt att dela in populationen i olika grupper med avseende på benlängden. Till slut bestämde hon sig för tre grupper; kortbenta renar, renar med något längre ben samt en tredje grupp med långbenta renar. Det visade sig då att i denna population hade 20 % korta ben, 60 % något längre och 20 % långa ben.

Vi tänker oss nu att du besöker vildrenpopulationen i samma område ett stort antal rengenerationer senare. Använd det du lärt dig om evolutionsteorin för att spekulera över renarnas benlängder vid detta senare tillfälle.

Två elever konstaterar kort och gott att procenttalen inte ändras om miljön är den samma. Deras svar är evolutionärt rimliga. De övriga 16 använder evolutionsresonemang med olika antal komponenter.

Elev 180: *Procentsatsen består om miljön är den samma*

Elev 200: *Renarnas benlängd kommer att vara ungefär densamma. Under förutsättning att miljön är densamma. Eftersom kurvan är en Gauss-kurva.*

Två komponenter;

'variation', 'överlevnad' (3 svar)

Elev 193: *De med kortare ben har svårare att överleva om de blir jagade eller ska ta fram sig i skogen snabbt. De är för långsamma. De med långa ben är klumpiga och har svårt att överleva eller ta fram sig i skogen snabbt. De renar med något längre ben har ben med förhållande till deras kropp så att tyngdpunkten blir perfekt (precis som med fåglarna och deras vingar). De överlever alltså bäst. Detta förhållande mellan renarna med olika långa ben kan man förklara med en gausskurva.*

Tre komponenter;

'variation', 'överlevnad', 'ackumulation' (6 svar)

'variation', 'överlevnad', 'reproduktion' (2 svar)

Elev 184: *Hur renarnas benlängd ser ut om x antal år kan jag egentligen inte uttala mej om...jag menar, det beror helt på hur naturen ser ut då. Men renar äter ju blad och såna saker. De renar som har längre ben borde nå mer mat och således borde det med hjälp av naturligt urval vara dessa som dominerar om ett tag. Det låter nästan lite som girafferna det här...fast här gäller det benen och inte halsarna. Och renarna kommer fortare undan eventuella rovdjur också, om di har längre ben, de borde då kunna springa snabbare.*

Fyra komponenter;

'variation', 'överlevnad', 'reproduktion', 'ackumulation' (1 svar)

'variation', 'överlevnad', 'arv', 'ackumulation' (2 svar)

Elev 190: Det beror ju helt på hur miljön har förändrats. Är miljön nu sådan att den gynnar renar med lite längre ben, så kommer det vara dessa i första hand som överlever bäst och deras avkommor kommer då att ha gener för långa ben vilket medför att renpopulationen kommer att få längre ben. Det kan ju lika gärna vara så att miljön gynnar renar med korta ben och då kommer det vara de som överlever bäst och får avkommor med korta ben.

Fem komponenter

'variation', 'överlevnad', 'reproduktion', 'arv', 'ackumulation' (2 svar)

Elev 198: Om inga större förändringar skett vad det gäller omgivningen kommer renpopulationen till största delen bestå av renar med 'något längre' ben, eftersom det verkar vara det som är det bästa för renarna. Eftersom det fanns flest renar med 'något längre' ben verkar det som om de har störst chans att överleva, och alltså få ungar med 'något längre' ben (arvsanlag, medan renar med långa och korta ben inte har lika stor chans att överleva och därmed reproducera sig. Det finns förmodligen en del renar med långa och korta ben, men kanske inte lika många som tidigare.

- Från deluppgift Ren1 till Ren2

Efter att eleverna besvarat första deluppgiften (Ren1) får de ytterligare information:

Samtidigt som vi tänkte oss att du observerade vildrenpopulationen i förra uppgiften kom en ny viltforskare och observerade vid samma tidpunkt som du. Han jämförde renarnas benlängder med benlängderna i den förra undersökningen, som han hade läst om. Vid det tillfället, som du kanske minns från uppgift 1, hade populationen delats in i tre grupper med 20 % korta ben, 60 % något längre och 20 % långa ben.

När den nye forskaren jämförde benlängderna konstaterade han att det nu många rengenerationer senare bara var 10 % som hade korta ben, 40 % något längre och hela 50 % som hade långa ben.

Nu får eleverna avgöra om svaret de gav på föregående deluppgift fortfarande gäller eller om de vill skriva en ny förklaring. Resultatet är redovisat i tabell 10.1.

Tabell 10.1. I tabellen anges hur många komponenter eleverna använder i sina svar på de olika deluppgifterna. Med en pil markeras att eleven anser att förklaringen han/hon givit på deluppgiften innan fortfarande duger. Elevsvar som inte innehåller ett evolutionärt resonemang med någon komponent markeras med ett streck (–)

Elev	Deluppgifter					Kommentar
	Ren1	Ren2	Ren3	Varg1	Varg2	
190	4	————→	————→	————→	5	–
184	3	————→	————→	————→	4	1
198	5	5	————→	————→	4	–
199	3	————→	————→	————→	3	–
183	5	–	4	————→	–	–
179	3	5	————→	————→	–	–
191	4	4	2	————→	–	–
185	4	3	2	1	–	–
182	3	3	————→	–	–	1
194	3	2	2	2	–	–
187	3	————→	2	————→	–	–
195	3	————→	2	————→	–	–
192	3	————→	————→	–	–	–
200	–	3	————→	————→	–	2
189	2	2	2	————→	–	–
193	2	2	————→	————→	–	3
177	2	————→	————→	————→	–	–
180	–	————→	2	————→	–	–

Av de tio elever som väljer att ge en ny förklaring är det två som ökar antalet komponenter i sina svar. En av dessa hade inte använt några komponenter i sitt evolutionsresonemang på första deluppgiften, men gör det nu:

Elev 200: *Det verkar som om renarna med kortare ben inte lever lika länge, alltså kommer renarna med korta ben inte finnas så länge till. Att ha långa ben verkar däremot vara till fördel för renarna och dom gynnas av att ha långa ben. Efter ytterligare generationer kommer antagligen alla renar långa ben.*

Nästa exempel är den elev som ökar antalet komponenter från tre till fem:

Elev 179: *Det är antagligen inte så bra att vara ren med korta ben, det finns många olika anledningar till det. Det som är bäst är väl att ha långa ben för en ren. Detta beror på att de renar som har långa ben klarar sig bättre än de som har korta och överlever då mycket längre och kan producera fler barn och för på så sätt vidare sina 'bra' gener för långa ben. Och så blir det fler och fler renar med långa fina ben så att de kan springa ifrån sina fiender och överleva.*

- Från deluppgift Ren2 till Ren3

Därefter får eleverna ytterligare information och får tillfälle till att återigen förändra sitt svar:

Den nye viltforskaren observerade dessutom att renar med kortare ben sprang något långsammare än de med längre.

Av de åtta elever som ger en ny förklaring är det ingen elev som ökar antalet komponenter. Ett exempel på svar från en elev som anser att det tidigare svaret delvis stämde:

Elev 185: *Jag skrev att dom klarade sig bättre men glömde skriva att en av anledningarna var att de kunde springa fortare och då lättare kunde skaffa sig föda.*

- Från deluppgift Ren3 till Varg1

Eleverna får återigen ytterligare information:

Det visade sig att i området där våra renar levde, så fanns också en vargpopulation. Vargarna jagade renar och en varg som jagade en kortbent ren hade god chans att hinna upp denna. Kalas för vargen, men slutet för renen. En långbent ren däremot hann oftast undan.

Nu anser 14 av de 18 eleverna att deras förklaringar sedan tidigare fortfarande gäller. En av de fyra elever som skriver en ny förklaring:

Elev 185: *Jag tänkte bara på att renarna skulle skaffa sig föda och inte att de skulle kunna hålla sig undan för att bli föda åt andra t.ex. vargarna. Men jag förstår ju vad de menar.*

Ingen av eleverna som gav kompletterande förklaringar använder fler komponenter än tidigare.

- Från deluppgift Varg1 till Varg2

Deluppgiften Varg2:

Vad händer med vargpopulationen? Använd nu det du hittills lärt dig om evolutionsteorin för att spekulera över vargpopulationens utveckling.

Ingen elev anser att deras tidigare förklaringar fortfarande gäller helt. Endast en elev anser att föregående förklaringar delvis gäller och skriver:

Elev 200: *Varg populationen kommer att utvecklas och när det inte finns några kortbenta renar kvar så kommer vargen att vara tvungen att klara av att jaga även de långbenta renarna.*

Detta svar innehåller alternativa idéer om behov (vara tvungen) vad gäller vargpopulationen. Förutom denna elev är det ytterligare en elev som har med behovsresonemang i sin förklaring:

Elev 179: *De får väl lära sig att springa snabbare antagligen. Nej men först tar de väl de renarna med kortare ben som är långsammare. Det kommer väl alltid födas någon med lite kortare ben. Men när de 'tar slut', så får vargen bli snabbare och kanske får lite längre ben så att den springer snabbt. De kommer antagligen på nått finurligt sätt att fånga renar på.*

Förutom idén om behov uttryckt som '...så får väl vargen bli snabbare...' resonerar denna elev också om inläring. Ytterligare en elev resonerar om inläring i sitt svar:

Elev 194: *Jag tror att vargarna så småningom kommer att öka men sedan när renarna har 'utvecklat' längre ben och har med det blivit snabbare så kommer de att minska lite grann, men det bara tills det att det har lärt sig att fälla djur med längre ben.*

Två elever resonerar allmänt om utveckling och anpassning i sina svar utan att ha ett utvecklat evolutionärt resonemang:

Elev 192: *Vargarna blir ju glada om renarna föds med korta ben så att de kan hinna ikapp dem. Men renarna får väl längre ben så att de kan springa fortare så att vargarna har svårt att hänga med. Antingen så Dör vargarna ut om de inte får någon mat eller också får de också längre ben.*

Förutom dessa fem elever fanns ytterligare nio elever som inte resonerade evolutionärt om vargpopulationen:

Elev 195: *Tror inte att vargarna ökar, det finns renar med långa ben som kanske är sjuka då tar vargen dem, vargarna tar det byte som är lättast att fånga. Det blir en balans i vargstammen, varken mer eller mindre av dem.*

Elev 187: *I början av vargpopulationen kommer den att växa mycket eftersom den får tag på fler renar, de som hade korta ben. De med längre ben, som var snabbare, överlevde. Då det inte fanns lika mycket lätt tillgängligt byte för vargarna så kommer det bli svårare att få föda och fler dog ut, tillslut hittats en jämn balans där antal vargar är mer eller mindre konstant från generation till nästa.*

Det är endast fyra elever som resonerar på ett mer utvecklat evolutionärt sätt om vargpopulationen:

Elev 199: *När renarna blir snabbare så kommer vargarna också bli snabbare eftersom bara dom snabbaste vargarna kommer överleva. På detta sätt kommer både vargarna och renarna bli snabbare och snabbare ju längre tiden går. Det finns dock en gräns.*

Elev 190: *Vargpopulationen kommer väl utvecklas så att de vargar som har gener för att springa fort, har lättast att för att fånga ren nu när de flesta har långa ben och kan springa fort. Därför kommer de vargarna med gener för att springa fort att överleva bäst och ha lättast för att få avkommor eftersom de lever längre och inte dör av svält. På så sätt kommer fler vargar i vargpopulationen att bli snabba.*

- Från deluppgift Varg2 till kommentarer

Därefter får eleverna en översikt över sina egna svar på samtliga uppgifterna och får följande erbjudande:

Kommentera dina tidigare svar!

När du nu ser alla dina svar samlade så här, vill du då göra några tillägg?

Sex elever väljer att inte skriva något alls, sju uttrycker att de är relativt nöjda med sina svar och skriver en allmän kommentar.

Elev 194: *Jag kan inte säga så mycket om mina svar, förutom att ja tyckte att det var lite svårt att förstå vad som man skulle skriva svar på... så blev mina svar lite konstiga, men jag orkar inte fixa till dom.*

Elev 187: *Nej, det ser lå bra ut eller?*

Elev 183: *Allt detta handlar om hur vida man klarar av att tänka runt om, och komma med egna kommentarer och sådant. Jag tycker att dessa svar e ganska bra men ja skulle väl kanske kunnat komma med lite mer fakta eller förklaringar. Men jag tyckte att det inte behövdes eftersom det e' samma sak! I all fakta som jag känner till! Jag känner att jag e' nöjd med det. Frågorna var bra och svaren oxå helt enkelt.*

De resterande fem eleverna väljer att göra ett tillägg. Endast en av dessa fem elever utökar resonemanget med en ytterligare evolutionär komponent ('reproduktion'):

Elev 193: *I uppgift 4 skulle jag skrivit att de långsammare renarna blir uppätta av vargarna medan de med långa ben, de snabba, överlever bättre och på så sätt kan föröka sig fler gånger.*

Exempel på elever som klargör vad de tidigare skrivit:

Elev 180: *Med ändrad miljö menar jag vegetation eller rovdjur.*

Elev 184: *Ok... i början babblade jag på om renarnas behov av långa ben för att nå blad och så, men det stämde ju inte direkt. Inte i någon större betydelse i alla fall. Mest var det för att överleva eventuella vargattacker... yup. klar.*

- Från kommentar till engelsk text

Efter detta får eleverna läsa en text på engelska från en lärobok där ren- och vargpopulationerna diskuteras i ett exempel. Efter att eleverna läst igenom texten får de följande deluppgift:

När du nu läst vad författarna i en engelskspråkig lärobok har skrivit, gör nu en jämförelse mellan dina egna svar och den engelska texten!

Två elever väljer att inte skriva något alls och sex elever anser att deras eget svar var bra, men att de inte har diskuterat andra egenskaper än benlängden i uppgiften medan författarna i läroboken också diskuterar andra egenskaper. Så här kommenterar två elever detta:

Elev 184: *Ja det stämde ju bra. Men jag skrev inget om rädsla för vargar. sådeså. Självklart måste det vara så åxå, en orädd ren är en död ren.*

Elev 198: *Mina svar stämmer i stort sett med författarnas, förutom att jag inte tog med renarnas instinkt att fly från vargarna. Jag höll mig bara till benens längd. Men jag håller med om att renar som inte flyr vargar inte skulle överleva, och att instinkten att fly vargar därför skulle bli vanligare bland renarna med tiden.*

Resterande tio elever anser att deras resonemang var lika bra eller åtminstone nästan lika bra:

Elev 194: *Jag tyckte att mina svar stämmer in någorlunda med det som jag har försökt svara med, men jag anser fortfarande att de renar med för långa ben fortfarande blir ett lättare byte än de med den optimala benlängden.*

Elev 189: *Jag blev chockad eller nått. Det stämde ganska bra med vad jag hade sagt, jag tog i och för sig inte med snacket om gener och så, men jag anser att det är ganska självklart att barnet blir likt sin förälder.*

Den sista elevkommentaren visar att eleven utelämnar en av komponenterna på grund av att eleven anser den vara självklar.

10.3 Diskussion

Samtliga elever använder någon gång korrekta eller i alla fall acceptabla evolutionära resonemang i denna uppgift. I smågruppsdiskussionerna kom samtliga fyra grupper också in på evolutionära resonemang. I intervjun om naturligt urval under pågående undervisning i exp1 och exp2 resonerar majoriteten av eleverna evolutionärt korrekt (90 % respektive 80 %) med varierande antal komponenter. Detta styrker antagandet att om den i populationen befintliga variationen visas explicit leder detta in på mer vetenskapliga evolutionsresonemang.

De komponenter som samtliga elever använder är även på renvarguppgiften 'variation' och 'överlevnad'. Av de 18 eleverna använder sig 12 av ackumulationskomponenten någon gång under resonemangen, åtta använde reproduktionskomponenten och fem arvskomponenten. På denna uppgift finns arvskomponenten med i lägst frekvens, vilket överensstämmer med resultat från intervjun om naturligt urval. Bäveruppgiften och renvarguppgiften har ju båda det gemensamt att de visar variationen explicit varför dessa uppgifter har en annorlunda kontext än t.ex. gepard- och säluppgifterna. Elev 189 ovan kommenterar explicit varför han inte har med arvskomponenten.

Detta är ett exempel på att elever kan anse att en komponent är så självklar att de inte skriver ut den. I de uppgifter där variationen visas explicit verkar eleverna anse att arvskomponenten är självklar. Det är kanske logiskt när man ser individer med olika egenskaper och då framträder reproduktionskomponenten tydligare istället.

Tre av de fyra elever som resonerar evolutionärt med vetenskapliga idéer också om vargpopulationen är bland de fem elever som har evolutionära svar på geparduppgiften redan på förtestet. Detta resultat tyder på att förståelse kan ha betydelse för att för att kunna resonera mer utvecklat evolutionärt. Det är ju för eleverna i just detta experiment (exp3) som eftertestresultatet delvis kan förklaras av förförståelsen. Dessa fyra elever är senare bland de fem elever som har allra bäst resultat på det fördröjda eftertestet.

KAPITEL 11

INDIVIDUELL UTVECKLING AV EVOLUTIONSKUNNANDE

Den forskningsfråga som behandlas i detta kapitel är: Hur kan elevernas utveckling av kunnsande i evolutionsteori beskrivas? Enskilda elevers utveckling analyseras med utgångspunkt i den konsistenskategoriisering av för- och eftertest som redovisas i avsnitt 7.10. I detta kapitel studeras varje elevs prestationer individuellt från alla de olika datainsamlingar, som han/hon deltagit i, förtest, intervjuer innan/under undervisning, smågruppsdiskussioner, interaktiv internetuppgift, loggböcker, prov/hemtentamen och fördröjt eftertest. Detta resulterar i beskrivningar av några utvecklingsmönster, som elever genomgår. Utifrån dessa identifieras några olika hinder för förståelse av evolutionsteorin och huruvida dessa övervinns eller ej. Kapitlet avslutas med beskrivningar av elever som tycks genomgå en mer eller mindre total begreppsförändring från förtestet till det fördröjda eftertestet.

11.1 Kategorisering

Vid konsistentkategoriiseringen i avsnitt 7.10 togs ingen hänsyn till vilka alternativa idéer elevens svar innehöll eller graden av vetenskaplighet i svaret, utan endast om uppgiften besvarades med vetenskapliga eller alternativa idéer. Tabell 11.1. är en kondensering av figur 7.24 (sidan 171) och visar hur elevernas svar förändras mellan för- och eftertest.

Tabell 11.1. Hur elevsvarens konsistens förändrades mellan för- och eftertest. (n=79)

		Förtest				Σ
		AA	AV	VA	VV	
Eftertest	VV	20	3	7	4	34
	VA	13	7	3	1	24
	AV	10	7			17
	AA	4				4
	Σ	47	17	10	5	79

För att få en djupare bild av varje elevs utveckling analyseras vilka alternativa idéer som finns och graden av vetenskaplighet i för- och eftertestens

uppgifter. Varje elev (n=79) representeras av en bild, i figur 11.1 visas ett exempel. Om svaret innehåller alternativa idéer anges vilken idé svaret kategoriserats till. Då ett vetenskapligt svar innehåller samtliga fem komponenter markeras detta med 'Alla 5' annars anges vilka komponenter som saknas.

BILD: Elev 118										
KATEGORI: AA VV										
Samtliga uppgifter										
	G e p a r d	S a l a m a n d e r	D e t t a	V a r i a t i o n e n	P o p u l a t i o n s	L i k e r t	L i k e r t	L ö s s	L ö s s	Rangsumma
Förtest	3		2	2	2	4	3	3		19
Eftertest	8	8	2	4	2	8	8	7	8	55 (55-16=39)

Flervalsuppgifter			
	DDT	Variationens uppkomst	Populationsförändringar
Förtest	Behov	Behov	Ind. anpassning
Eftertest	Slump	Korrekt	Ind. anpassning

Övriga uppgifter						
	Öppna uppgifter		Likert – uppgifter med motivering om			
	Gepard	Salamander	variationens uppkomst	populations förändring	ärftlighet	Löss
Förtest	Behov		Anpassa	Behov	Grad utv	
Eftertest	Alla 5	Alla 5	Reprod saknas	Arv, ack saknas	Resonerar om arv	Ack saknas

Figur 11.1. Bild av en elevs resultat på för- och eftertest. Varje uppgifts rang och testens rangsummor redovisas. De två följande tabellerna i bilden visar med ett ord vilka idéer som svaret innehåller eller vilka komponenter som saknas. Ett helt korrekt vetenskapligt svar representeras av 'Korrekt' alternativt 'Alla 5'.

Dessa resultat från analysen av förtest och eftertest kompletteras med elevens prestationer från övriga datainsamlingar för att skapa en helhetsbild av varje enskild elevs utveckling. I de tre experimenten kommer data från lite olika insamlingsmetoder.

I exp1 kompletteras bilden med resultat från intervjuer om 'variationens uppkomst' och om 'naturligt urval' under pågående undervisning samt från tre provuppgifter. I exp2 tillkommer resultat från intervjuer innan och under pågående undervisning om 'variationens uppkomst' och 'naturligt urval'. Dessutom ingår tre uppgifter från hemtentamen. I exp3 utgörs kompletteringen av resultat från den interaktiva internetuppgiften, från smågruppsdiskussioner om 'naturligt urval', från loggböcker och från provuppgifter.

Utifrån dessa resultat har jag gjort en beskrivning av varje elevs utveckling av kunnande i evolutionsteori. I medeltal skriver jag två sidor om varje enskild elev, förutom bilden motsvarande den som finns i figur 11.1.

Utifrån tabell 11.1. delas till att börja med förändringsmönstren in i två huvudkategorier som båda har två underkategorier:

- I Samma eller mindre andel svar med vetenskapliga idéer i eftertestet jämfört med förtestet:
 - 1. förtestet kategoriseras till uteslutande vetenskapliga idéer; kategorierna VV VV och VV VA
 - 2. svar med alternativa idéer i bägge testen; kategorierna VA VA, AV AV och AA AA
- II Större andel svar med vetenskapliga idéer i eftertestet jämfört med förtestet:
 - 1. eftertestet kategoriseras till uteslutande vetenskapliga idéer; kategorierna AA VV, AV VV och VA VV
 - 2. svar med alternativa idéer i båda testen; kategorierna AA AV, AA VA och AV VA

Några elever förflyttas till en annan kategori då jag tar hänsyn till elevens samtliga prestationer samt den fördjupade analysen av eftertestet. Då en enskild elev var aktuell för omkategorisering intervjuade jag den undervisande läraren om elevens prestationer i ämnet biologi och speciellt i evolutionsbiologi. Sammanlagt intervjuade jag de två undervisande lärarna om 14 elever.

I appendix 7 finns ett antal beskrivningar av individuella elevers utvecklingsmönster som exempel (appendix 7 finns tillgängligt på Internetadressen: <http://www.ped.gu.se/personal/anita.wallin/>).

11.2 Resultat

I detta avsnitt presenteras resultat från den fördjupade analysen av elevernas individuella utveckling av kunnande i evolutionsteori från förtestet till det fördröjda eftertestet.

Samma eller mindre andel svar med vetenskapliga idéer i eftertestet (n=19)

Bland samtliga 79 elever i de tre experimenten har endast en elev färre svar med vetenskapliga idéer på eftertestet jämfört med på förtestet. Resterande

18 elever under denna rubrik har alltså lika stor andel svar med alternativa/vetenskapliga idéer på båda testen.

Förtestet kategoriseras till uteslutande vetenskapliga idéer: VV VV, VV VA (n=5)

Den enda elev som kategoriseras till VV VA skriver inga motiveringar på de tre Likert-uppgifterna i eftertestet. Han resonerar evolutionärt korrekt på de uppgifter han besvarar. På geparduppgiften har han på eftertestet alla fem komponenterna jämfört med två på förtestet. Hans evolutionära resonemang under intervjun om 'naturligt urval' och i provet är korrekta. Jag får intrycket av att han inte anstränger sig på eftertestet. Vid intervju med undervisande lärare bekräftas min uppfattning om att denna elev behärskar evolutionsteorin. Hans rangsummeförändring mellan för- och eftertest är från 35 till 38 av maximalt 44 – 52.

Tabell 11.2. Antal elever i förändringsmönstren VV VV och VV VA (n=5)

		Förtest			
		AA	AV	VA	VV
Eftertest	VV				↑ (4) 5
	VA				↑ (1) 0
	AV				
	AA				

De fyra eleverna i kategori VV VV kan inte avancera inom kategorisystemet, se tabell 11.2. Alla fyra utvecklar sitt evolutionära kunnande och graden av vetenskaplighet ökar under pågående undervisning och i eftertestet. De tre eleverna i exp1 ökade rangsumman mellan för- och eftertest (34 – 48, 36 – 46 och 38 – 50 av maximalt 44 – 52). Så gjorde även eleven i exp3 (från 39 – 55 av maximalt 52 – 60). Samtliga fem elever med vetenskapligt utgångsläge representerat av ett förtest i kategorin VV har under pågående undervisning ökat graden av vetenskaplighet i sina svar och detta kvarstår i det fördröjda eftertestet (tabell 11.2).

Svar med alternativa idéer i bägge testen: VA VA, AV AV eller AA AA (n=14)

Till denna grupp kategoriseras elever som har samma andel svar innehållande alternativa/vetenskapliga idéer i båda testen. Graden av vetenskaplighet i svaren kan dock ha ökat.

Tre elever har relativt stor andel vetenskapliga svar redan i förtestet (kategori VA), ingen av dem har besvarat eftertestet med vare sig högre andel eller påtagligt större grad av vetenskaplighet. Två elever i denna kategori besvarar öppna uppgifter kortfattat både på testen och på provet. Detta medför att eventuell utveckling av det evolutionära kunnandet inte syns. Båda medverkar i intervjuer. En av dem visar gott evolutionärt kunnande där. Vid intervjun med den undervisande läraren framkommer det att denna elev inte uttrycker sig särskilt bra i skriftliga test där han upplever att det är svårt att förstå elevens resonemang. Läraren anser att intervjuer antagligen passar denna elev bättre. Med detta underlag omkategoriserar jag eleven till VA VV. Den andre eleven resonerar i intervjuerna ungefär likadant som i de skriftliga testen och kvarstår i kategorin VA VA. Den tredje eleven utvecklade graden av sitt evolutionära kunnande under undervisningen, vilket hon visade i intervjuer och på provet. Anledningen till att eftertestets rangsumma ökar minimalt är att hon inte besvarar de två sista uppgifterna. De två Likertuppgifter hon besvarar har dock en högre grad av vetenskaplighet jämfört med förtestet. Den undervisande läraren beskriver denna elev som oerhört ambitiös på ett annorlunda sätt genom att verkligen 'slita sig till resultaten'. Han säger vidare att eleven arbetar långsamt och att hon troligtvis inte hann med samtliga uppgifter på eftertestet, men antagligen behärskar hon evolutionsteorin. Med detta underlag omkategoriserar jag henne till VA VV. Se tabell 11.3

Tabell 11.3. Antal elever i förändringsmönstren VA VA, AV AV och AA AA (n=14)

		Förtest			
		AA	AV	VA	VV
Eftertest	VV			↑ +2	
	VA			(3) 1	
	AV		7		
	AA	4			

Eleverna i kategori AV AV besvarar förtestet med mestadels alternativa idéer och andelen är oförändrad i eftertestet. För tre av eleverna har graden av vetenskaplighet i svaren ökat på ett fåtal uppgifter, men inte tillräckligt för att förflyttas till en högre kategori. En av dessa elever lyckas förhållandevis bra på hemtentamen, men detta visar sig inte på eftertestet. Vid intervjun av undervisande lärare bekräftas min tolkning att hennes evolutionskunnande är osäkert. För resterande fyra elever har inte graden av vetenskaplighet ökat överhuvudtaget. Då hänsyn tas till samtliga prestationer kvarstår samtliga sju elever i kategorin AV AV, se tabell 11.3.

I kategorin AA AA finns totalt fyra elever. Dessa elever använder både i för- och eftertest i stort sett uteslutande alternativa idéer. Gemensamt för dessa elever är att de under undervisning och/eller på provet visar fler inslag av evolutionärt resonemang än vad som syns i både för- och eftertest. Detta tyder på att de påbörjat lärande i evolutionsteori under undervisningen, men att det inte skett på något djupare plan och återfinns inte på det fördröjda eftertestet. För två av eleverna var provresultatet avsevärt bättre än eftertestresultatet. Vid intervju av undervisande lärare med avseende på dessa båda elever kvarstår de dock i AA AA. Alltså kvarstår samtliga fyra elever i kategorin, se tabell 11.3.

Större andel svar med vetenskapliga idéer i eftertestet (n=60)

Majoriteten av de 79 eleverna besvarar fler av eftertestets uppgifter med vetenskapliga idéer jämfört med förtestet.

Eftertestet kategoriseras till uteslutande vetenskapliga idéer: AA VV, AV VV eller VA VV (n=30)

Här skapas alltså tre olika kategorier utgående från elevernas förtestresultat (tabell 11.4). Elever som besvarade förtestet med:

- konsistent alternativa idéer AA VV (20 elever)
- vetenskapliga idéer på ett fåtal uppgifter AV VV (3 elever)
- övervägande vetenskapliga idéer VA VV (7 elever)

Tabell 11.4. Antal elever i förändringsmönstren AA VV, AV VV och VA VV (n=30)

		Förtest			
		AA	AV	VA	VV
Eftertest	VV	20	3	7	
	VA				
	AV				
	AA				

En elev i AV VV använder 'behov' i eftertestet på ett lite tveksamt sätt, men visar både i intervjun under pågående undervisning, i hemtentamen och i andra eftertestuppgifter att han behärskar evolutionsteorin. Efter intervju med undervisande lärare kvarstår han i kategorin. Då hänsyn tas till samtliga resultat återfinns alltså samtliga 30 elever i respektive kategori AA VV, AV VV och VA VV, se tabell 11.4. Förutom andelen svar med vetenskapliga idéer ökar också graden av vetenskaplighet i svaren för 29 av de 30 eleverna.

Svar med alternativa idéer i bägge testen: AA VA, AV VA eller AA AV (n=30)

Samtliga elever i dessa förändringsmönster ökar andelen uppgifter med vetenskapliga idéer. Graden av vetenskaplighet i uppgifterna ökar för majoriteten av eleverna; 25 av de 30.

Inom mönstret AA VA intervjuas undervisande lärare om fyra elever. Två av dessa kvarstår i kategorin trots att de lyckas bättre på provet. En elev förflyttas efter intervjun till AA VV på grund av han lyckas mycket bättre på provet, där han har med samtliga fem komponenter på båda de öppna uppgifterna. Han intervjuas inte under pågående undervisning. Läraren har stort förtroende för denna elevs evolutionskunnande. Min tolkning, att han antagligen inte anstränger sig på eftertestet, instämmer läraren i. Den fjärde förflyttas till AA AV då han inte besvarar hemtentamensuppgifterna evolutionärt, inte visar något större evolutionskunnande under intervjun och då graden av vetenskaplighet i eftertestet är låg. Mitt intryck av eleven får stöd vid intervjun med undervisande lärare.

Angående mönstret AV VA intervjuas undervisande lärare om två elever. En av dessa förflyttas till AV VV då hon på eftertestet utgör ett gränsfall. Hon visar dessutom gott evolutionärt kunnande på provet, delar av renvarguppgiften och i loggboken. Den andra eleven kvarstår i kategorin efter att läraren intervjuats.

Vad beträffar mönstret AA AV intervjuas undervisande läraren om en elev. Han förflyttas till AA VA eftersom han besvarar provet bra. Han väljer att inte skriva några motiveringar till sina val av korrekt svarsalternativ på eftertestet. Jag får en känsla av att han mer eller mindre struntar i eftertestet, vilket styrks i intervjun med undervisande lärare.

Då hänsyn tas till samtliga prestationer förflyttas sammanlagt fyra elever, tre till högre kategorier och en till lägre, se tabell 11.5.

Tabell 11.5. Antal elever i förändringsmönstren AA VA, AV VA och AA AV (n=30)

		Förtest			
		AA	AV	VA	VV
Eftertest	VV	↑ +1	↑ +1		
	VA	↑ (13)12	↑ (7)6		
	AV	↓ (10)10			
	AA				

Då hänsyn tagits till samtliga elevprestationer och undervisande lärare intervjuas om totalt 14 elever förflyttas sju, sex till högre kategorier och en till lägre. Tabell 11.1 (sidan 205) förändras och resultatet redovisas i tabell 11.6.

Tabell 11.6. Antal elever inom respektive förändringsmönster. Sammanlagt resultat från elevernas samtliga prestationer. (n=79)

		Förtest				
Eftertest		AA	AV	VA	VV	Σ
	VV	21	4	9	5	39
	VA	12	6	1		19
	AV	10	7			17
	AA	4				4
	Σ	47	17	10	5	79

11.3 Individuella utvecklingsmönster

Analyserna av de enskilda elevernas samtliga prestationer (se exempel i appendix 7; <http://www.ped.gu.se/personal/anita.wallin/>) visar på elevernas olika förförståelse. Utifrån denna når många elever en vetenskaplig nivå eller ökar sitt vetenskapliga kunnande. Några stannar dock kvar på en alternativ nivå.

Utifrån tabell 11.6 slås VV och VA ihop till en vetenskaplig nivå (V) och AV och AA till en alternativ nivå (A). Detta resulterar i att eleverna fördelar sig enligt tabell 11.7.

Tabell 11.7. Kondensering av tabell 11.6 till fyra förändringsmönster. (n=79)

		Förtest		
Eftertest		A	V	Σ
	V	43	15	58
	A	21		21
	Σ	64	15	79

Eleverna som kategoriserats till VA i eftertestet presenterar i huvudsak vetenskapliga idéer vilket motiverar att de slås samman med elever i VV. Nästan tre fjärdedelar av eleverna (58 elever) uppvisar då till ett utveck-

lingsmönster där de kvarstår i eller når den vetenskapliga nivån. Inom detta mönster finns olika varianter (i=idéer):

- Vetenskapligt utgångsläge n=15
som fördjupas n=14
som inte fördjupas n=1
- Från alternativa idéer till vetenskapliga idéer n=43
från en allmän utvecklingsidé i=6
från en allmän anpassningsidé i=20
från en idé om arv av förvärvade egenskaper i=3
från en idé om behovsdriven evolution i=38

Många elever redovisar flera olika alternativa idéer innan undervisningen varför summan av de olika alternativa idéerna överstiger antalet elever. I genomsnitt har dessa elever 1,6 olika alternativa idéer.

En fjärdedel av eleverna utvecklar inte vetenskapliga idéer i evolutionsteori. Några av dessa visar under undervisningen och/eller på provet vetenskapliga idéer, men dessa finns inte med i någon större omfattning på eftertestet. Dessa elever utgår från liknande förföreställningar som eleverna som nådde den vetenskapliga nivån:

- Alternativa idéer även efter undervisning n=21
från en allmän utvecklingsidé i=5
från en allmän anpassningsidé i=1
från en idé om arv av förvärvade egenskaper i=2
från en idé om behovsdriven evolution i=19

Även här redovisar vissa elever flera alternativa idéer. I snitt har dessa elever 1,3 olika alternativa idéer.

I exp3 fanns salamanderuppgiften med både på för- och eftertest. På denna uppvisade flera elever (10 av 18 elever) den alternativa idén om att organ och strukturer som inte används tillbakabildas. Denna idé visade sig inte i andra uppgifter på testen.

11.4 Hinder för förståelse

Några olika möjliga hinder för förståelse av evolutionsteorin identifieras vid upprepade genomläsningar av elevbeskrivningarna. Många elever övervinner hindren mellan förtestet och det fördröjda eftertestet, men inte alla. Följande hinder identifieras:

- Accepterar ej slumpmässighet
- Religiös tro
- Eleven lär sig ett 'standardsvar'
- Alternativa idéer

Accepterar ej slumpmässighet; svårigheten övervinns

Det är 13 av våra elever som explicit talar om att de inte accepterar slumpmässighet när det gäller evolution. Några skriver om detta i förtestet och andra berättar om det i intervjuer. Tio av dessa utvecklar ett vetenskapligt evolutionskunnande. Elev 118 får representera denna grupp. Hon berättar under intervjun innan undervisning att hon inte accepterar slumpmässiga förändringar. I intervjun under undervisningens gång brottas hon med att förstå slumpmässighet.

Elev 118; kategori AA VV

Innan undervisningen startar intervjuas hon om 'variationens uppkomst'. På inledningsfrågan resonerar hon om en behovsstyrd miljöanpassning. Då hon kommenterar de fyra svarsalternativen accepterar hon helt eller delvis alternativen 'behov', 'strävan' och 'balans'. Däremot förkastar hon mutationsalternativet:

E: Att det skett slumpmässiga, slumpvis förändring av organismernas arvs massa. Jag tycker den är, lät lite fånig.

I: Ok.

E: Men jag är sån, som inte tror på slumpmässiga grejer, allting händer ju för någonting. Vi ändras inte bara för att vi känner för att ändra på oss. Okey, nu gör vi det.

I: Så är det inte menar du? Eller nä?

E: Nää. Det måste ju vara för någon anledning.

I valsituationen väljer hon behovsalternativet och känner sig ganska säker på detta. Hon tror att hon valde detta alternativ också i förtestet vilket hon gjorde. Senare på det fördröjda eftertestet väljer hon mutationsalternativet.

Under pågående undervisning intervjuas hon om 'naturligt urval'. På bäveruppgiften ger hon en evolutionärt korrekt förklaring med komponenterna 'variation', 'överlevnad', 'reproduktion' och 'ackumulation':

E: ... Antagligen så överlevde dom med lång svans bättre än dom med kort svans.

I: Jaa.

E: Så dom får väl, ja, eftersom dom klara sej bättre, så får dom möjligheten att få fler avkommor.

I: Mm.

E: Och till slut så blir dom bara fler. Dom andra, som inte klarar sej lika bra, dör väl, antagligen, så dom blir mindre.

Hon har ingen uppfattning av vad termen 'naturligt urval' står för trots sin förklaring.

Vid kommentarerna till de fyra svarsalternativen i uppgiften om populationsförändring ('reproduktion', 'flytta', 'behov' och 'individuell anpassning') förkastar hon 'behov' och 'flytta'. Reproduktionsalternativet accepterar hon efter viss omformulering, då ökad överlevnad ger möjligheter till förök-

ning. Då alternativet 'individuell anpassning' kommenteras kommer intervjun att handla om hennes lärande:

I: Och fyran. 'Individen kan anpassa sej för att överleva':

E: ... Jag vet inte, det är en lite rörig situation här nu då. Jag har egna idéer, och sen så kommer han med sånt då.

/.../

E: Och vissa passar in och vissa passar inte in. Så då håller man typ på att sortera bort det som inte passar in och det som inte var rätt då, eller.

I: Ja. Tycker du att det verkar rimligt det som du får reda på i undervisningen nu då?

E: Jaa.

/.../

I: ... Men det som var nytt för dej, som du håller på att bearbeta nu, det är det här med att det har uppkommit av en slump?

E: Mm.

I: Känns det konstigt, tycker du?

E: Ja, det känns, bara för att jag har det här slump, men jag tror inte på sånt.

I: Nähä. Vad ska du..., vad tycker du att det är?

E: Men, när han säger det, så låter det jätte liksom bara, ja, men så måste det ju vara.

I: Mm.

E: Men liksom, jag vet inte, det kanske bara är ordet slump, som jag inte tycker om. Då tycker jag så här, mutation, då tycker jag att det låter bättre.

I: Jaha.

E: Men att man säger att det var en ren slump, då blir jag så här, vadå slump, ingenting händer av en ren slump. Så jag har lite, jag är lite mellan här liksom, är det slump, är det en mutation, vad är det för nåt.

/.../

Denna del av intervjun visar hur hon bearbetar förståelsen av vad undervisningen handlar om. Hon är medveten om sina tidigare uppfattningar om miljöanpassning. Hon kämpar med slumpmässiga mutationer just under tiden för intervjun. I valsituationen påpekar hon att hon inte riktigt tycker att något av svarsalternativen är bra. Hon förkastar först 'flytta' och sedan 'behov'. Valet står mellan 'reproduktion' och 'individuell anpassning' och till slut väljer hon med tvekan 'individuell anpassning'. Det visade sig vara samma alternativ som hon valde i förtestet och senare även i eftertestet.

På björnuppgiften på hemtentamen ger hon en evolutionärt korrekt förklaring med samtliga fem komponenter. Hon använder termen 'naturligt urval' i sitt svar. Även antibiotikauppgiften besvarar hon utförligt och evolutionärt korrekt med alla de fem komponenter. På den öppna uppgiften om variationens uppkomst resonerar hon om mutationer, slump, omkombinationer, gener, naturligt urval och om inverkan av miljön.

Denna elev har utvecklat ett mycket gott evolutionärt kunnande fram till hemtentamen som hon besvarar evolutionärt korrekt och utförligt. På förtestet redovisade hon uteslutande alternativa idéer. I intervjun innan under-

visningen bekräftas förtestresultatet. I intervjun under undervisningen visar hon hur hon brottas med slumpmässighet, som hon inte accepterar. Hennes förförståelse har utmanats under undervisningen. Hon är dessutom klart medveten om det tänkande hon hade om evolutionära processer innan undervisningen startade. Hon lyckas tydligen lösa problemet med slumpmässighet för i hemtentamen ger hon förklaringar som är utförliga och evolutionärt korrekta och hon resonerar om slump. Hennes långsiktiga behållning av undervisningen visar hon genom ett mycket bra resultat på eftertestet. Hon har accepterat slumpmässighet till den grad att hon väljer slumpalternativet på uppgiften om befintlig variation. Hennes val av alternativ på flervalsuppgiften om populationsförändringar är fortfarande 'individuell anpassning', men det framkommer vid den tidigare intervjun att hon anser att alternativen inte är så bra formulerade.

Accepterar ej slumpmässighet; når ej vetenskaplig nivå

Tre elever som explicit berättar att de inte accepterar slumpmässighet utvecklar inte ett vetenskapligt evolutionärt kunnande. Denna grupp får presenteras av elev 108.

Elev 108; kategori AV AV

På geparduppgiften ger hon en evolutionärt korrekt förklaring på eftertestet med fyra komponenter, reproduktionskomponenten saknas, vilket hon inte gör på förtestet. På Likertuppgiften om variationens uppkomst väljer hon behovspåståendet på förtestet och mutationspåståendet på eftertestet. På förtestet argumenterar hon mot slump:

Jag tror inte att det var en slump att de fick simhud!

och på eftertestet ger hon följande motivering:

Änder lever i vatten för att de har simhud. De har inte simhud för att de lever i vatten. Om en and får simhud få inte ungarna det. Det sitter i generna och kan inte ändras.

Innan undervisningen startar intervjuas hon om variationens uppkomst och då hon ombeds kommentera mutationsalternativet till flervalsuppgiften om variationens uppkomst säger hon:

...Har det skett slumpvisa förändringar av vår ... Det är väl, slumpvisa, ja, det vet jag inte om det finns nåt riktigt. Nåt bestämt, att liksom att det har förändrats så. /.../ Hm eller, nja, jag förstår inte riktigt tvåan.

På hemtentamen besvarar hon inte björnuppgiften evolutionärt utan diskuterar en björnindivid som fått förändringar i sina gener (mutation). Inte heller antibiotikauppgiften besvarar hon evolutionärt och hon ser människokroppen som målorganism. På den öppna uppgiften om variationens uppkomst nämner hon mutationer, omkombinationer och gener.

Sammanfattningsvis kan man säga att graden av vetenskaplighet har ökat på några få uppgifter. Hon för in lite evolutionärt resonemang på bäveruppgiften under undervisningens gång och på eftertestet ger hon en bra förklaring till geparduppgiften. Hon klarar dock inte att använda evolutionära resonemang på annorlunda uppgifter i provet och på eftertestet. Hennes evolutionära kunskaper har inte påtagligt utvecklats.

Religiösa hinder för lärande av evolutionsteorin

Bland de elever som efter undervisningen fortfarande befinner sig på alternativ nivå då det gäller förståelse av evolutionsteorin är andelen troende elever signifikant⁴⁹ större, se tabell 11.8.

Tabell 11.8. Kategorisering av elever utifrån deras eventuella tro och hur de fördelar sig på vetenskaplig respektive alternativ nivå efter undervisning (n=79).

Efter undervisning	Troende	Ej troende	Osäker	Σ
Vetenskaplig nivå	6	6	6	58
Alternativ nivå	6	6	6	21
Σ	12	12	12	79

Detta möjliggör antagandet att religiös tro kan utgöra ett hinder för lärande av evolutionsteorin. Elev 120 får exemplifiera denna grupp, även om det inte framgår tydligt att det är just religiösa hinder. Hon har dock kategoriserats till gruppen troende elever.

Elev 120; kategori AV AV

På geparduppgiften för hon behovsresonemang i bägge testen. Även i svaret på den nya salamanderuppgiften använder hon sig av behovsresonemang. På samtliga Likertuppgifter resonerar hon också utifrån behov i bägge testen. På den nya lösuppgiften väljer hon alternativet 'förvärvat arv' och motiverar detta med ett konstaterande att hon tycker att det stämmer.

På religionsfrågan väljer hon alternativet 'vetenskap vs ej' på båda testen och hon motiverar detta på förtestet på följande sätt:

Darwins teori är ett vetenskapligt svar som man har hittat en sort bevis hur livet kom till. Medan min religion är bara berättelse och bilder av målningar som man har berättat det om och om igen till nutid. Jag tycker att man bör ha en rimlig förklaring för hur livet kommit till i jorden.

På eftertestet är motiveringen likartad:

⁴⁹ Chi2-test; 2*2 tabell; p=0,0036**

Hans teori kan man åtminstone hitta något liknande bevis för medan min är det bara i skrift och tal.

Under undervisningen intervjuas hon om 'variationens uppkomst'. På den öppna frågan nämner hon mutationer utan att gå närmare in på detta. Sedan resonerar hon om miljöanpassning och behov.

Denna elev har inte utvecklat sitt evolutionära kunnande alls under undervisningen. Hon började undervisningen med mycket få vetenskapliga inslag och dessa varken ökade eller fördjupades. Hon verkar snarare anse att hon fått sina idéer bekräftade och de verkar ha blivit ytterligare befästa efter undervisningen.

Religiösa elever som når den vetenskapliga nivån

Bland de elever som kategoriseras till vetenskaplig nivå efter undervisning finns sju elever som kategoriserats som troende. Vad gör att deras tro inte utgör ett hinder för lärandet av evolutionsteori?

Elev 6 kategoriseras till AA VA och visar i sin motivering till religionsfrågan hur hon hanterar problemet. Hon väljer alternativet 'skapelsen sann' på bägge testen.

Jag tror helt och fullt på bibelversionen av skapelsen. Jag tror inte att nåt bara har 'kommit' till via en encellig liten tingest. Nån måste ha skapat den! Därför tror jag att Gud skapade världen. Han kanske skapade denna lilla encelliga tingest och sen utvecklade den sig med hans hjälp.(Förtest)

Jag tror att Gud skapade jorden. Kanske inte på 6 dagar som det står i bibeln. Det står inte heller att det är sex dagar à 24 timmar utan sex dagar kan var X antal år.(Eftertest)

Elev 41 kategoriseras till VV VV och visar att han utvecklar graden av vetenskaplighet från förtestet till provet och eftertestet då han besvarar öppna evolutionsuppgifter:

Geparderna utvecklas genom att de djur som de härstammade från sprang inte lika snabbt och blev utkonkurrerade för att de snabba djuren hade större chans att överleva eftersom de hade lättare att springa ifatt bytet. Det är de starka som överlever och de svaga försvinner eftersom de inte kan konkurrera med de snabba djuren. (Komponenterna: variation och överlevnad; förtest; rang 5)

Sälens för fäder kunde bara hålla andan i någon minut. Men de förökades och så fanns det de sälar som hade fått mutationer som gjorde att deras lungor blev större och kunde hålla andan längre. Det gjorde så att alla som kunde hålla andan längre hade större chans att överleva och föröka sig. Det gjorde så att de som hade mindre lungor dog ut eller blandades ut med de som hade större. Därför kan sälarna nu hålla andan mycket längre än de gamla. (Alla komponenter utom arv; prov; rang 7)

ELEVERS KUNNANDE –
metod, resultat och fortlöpande diskussion

En biolog skulle beskriva detta så här. För fäderna som sprang i c. 30 km/h födde ungar som hade fått mutationer som gjorde att de kanske fick den egenskapen att springa fortare. Eftersom de ungar som kunde springa fortare också kunde fånga sitt byte lättare, de hade där med större chans att överleva. De som inte kunde springa så fort hade inte så stor chans att överleva och föröka sig, där med kom de som sprang fort att öka i antal längre fram i tiden. (Alla komponenter utom arv; eftertest; rang 7)

På religionsfrågan visar han att han är troende genom alternativvalet 'skapelsen sann' i förtestet. På eftertestet däremot har han ändrat till 'evolutionsteorin sann'.

För om man läser skapelse berättelsen i bibeln, så står det hur allt skapades från början. Det första livet uppstod i vattnet och sedan kom landdjur sedan fåglar och sist människan. (Förtest)

Jag tror på att utvecklingen har gått till på Darwins sätt. Men jag tror att det är gud som har sett till att allting har gått till på det sättet. (Eftertest)

Han har alltså funnit ett sätt att kombinera den vetenskapliga evolutionsteorin med sin tro. Flera elever visar i sina motiveringar att de också kombinerar tro och vetenskap:

Elev 106: Jag tror på både två teorierna! Det måste ha börjat från någonstans, där det blir för svårt att förklara, där tar man fram tron!! Men självklart så tror jag även på vetenskapen. Därför är det bra att tro på båda! (Kategori AAVV)

Elev 124: Jag tror att gud skapade allt men att Darwins teori är något för personer som inte tror på gud. Det kan ju också stämma till en viss grad, att arter utvecklas, det tror jag också på. Det alternativ jag hade valt fanns inte med. (Kategori AAVV)

Elev 183: En skapelse berättelse går inte att påvisa. Vi kan ju bevisa att så var det för så många miljoner år sedan och sånt. Jag menar visst tror jag på gud men jag tror inte han var med o skapade jorden. Visst, det fanns en mening med att big bang skulle uppstå och det tror gud fixade men sen så e resten teoretiskt vetenskapligt och allt som man inte kan bevisa får man ta med en nypa salt. (Kategori AVVV)

Elev 192 kategoriseras till VAVV och väljer alternativet 'två teorier' på förtestet och 'vetenskap vs ej' på eftertestet. I hennes motivering säger hon att hon tror på en högre makt, men inte på Gud.

Elev 193 kategoriseras till AAVV och väljer svarsalternativet 'två teorier' i bägge testen och hans motivering i förtestet tolkas som om han hade en religiös tro:

Ingen vet säkert hur livet på jorden har kommit till, men man har ju en aning om livets början. Så varken skapelseberättelsen i min religion eller Darwins evolutionsteori är svaren på livets början men det är ju bra teorier. Är det någon som har en bättre teori? (förtest)

Ingen vet exakt hur det gått till. Darwin levde inte då det hände, ingen människa gjorde det. Det är bara två teorier som är mest troliga för många människor på jorden.(Eftertest)

Hans sätt att angripa problemet är att se vetenskap och tro som 'bara två teorier' och detta möjliggör för honom att lära sig även evolutionsteorin.

Eleven lär sig ett 'standardsvar'

Bland samtliga elever i studien kategoriseras åtta till gruppen som lär sig ett standardsvar som de använder på gepard- och säl- eller björnuppgifterna. Men då kontexten förändras besvarar de inte uppgifterna evolutionärt korrekt. Detta visar sig vid genomgången av elevbeskrivningarna där dessa elever inte lyckas besvara salamander- och lössuppgifterna på eftertestet och inte heller antibiotikauppgiften på prov/hemtentamen. Två elever får exemplifiera denna grupp elev 185 som inte når och elev 40 som når vetenskaplig nivå.

Elev 185; kategori AA AV

På geparduppgiften ger han i förtestet en allmän utvecklingsförklaring, men på eftertestet en evolutionärt korrekt förklaring med fyra komponenter, arvskomponenten saknas. På salamanderuppgiften ger han varken på för- eller eftertestet en evolutionär förklaring. På den nya lössuppgiften väljer han alternativet 'förvärvat arv' med följande motivering:

För det låter helt korrekt. Lössen anpassar sig och blir till slut resistent mot bekämpningsmedlet.

Under undervisningens gång ingick han i en smågruppsdiskussion där hans grupp kom fram till en evolutionär förklaring till bäveruppgiften. Han bidrog dock inte till denna förklaring, utan satt mest tyst.

På provet ger han på säluppgiften en evolutionärt korrekt förklaring med alla fem komponenterna. Däremot besvarar han inte antibiotikafrågan med hjälp av evolutionsteorin och han ser människokroppen som målorganism. På uppgiften om variationens uppkomst diskuterar han naturligt urval och artbildning. Han nämner inte mutationer. Han nämnde inte mutationer i säluppgiften heller utan utgick utifrån befintlig variation.

Denna elev ökade andelen vetenskapliga svar från en flervalsuppgift i förtestet till två uppgifter på eftertestet, gepardfrågan och Likertuppgiften om populationsförändringar. Graden av vetenskaplighet i dessa svar har ökat markant. Dessutom ger han ett mycket bra svar på säluppgiften på provet och svaret på renvarguppgiften är också bra. Han verkar ha lärt sig ett standardsvar som han använder på just denna typ av uppgifter, men lyckas inte överföra detta till andra. På provet visar han inget kunnande om variatio-

nens uppkomst. På eftertestet nämner han dock mutationer i geparduppgiften, men svarar inte vetenskapligt korrekt på uppgifterna om variationens uppkomst.

Elev 40; kategori AVVA

På geparduppgiften för hon i förtestet ett behovsresonemang medan hon har ett vetenskapligt resonemang med komponenterna 'variation', 'överlevnad' och 'ackumulation' i eftertestet. På den nya lössuppgiften väljer hon alternativet 'förvärvat arv' men gör en bra evolutionär förklaring med fyra komponenter, alla utom 'reproduktion'.

Under undervisningens gång intervjuas hon om naturligt urval. På bäveruppgiften ger hon en evolutionär förklaring med fyra komponenter, alla utom 'reproduktion'. Därefter fortsätter intervjun:

I: Kan du använda ordet naturligt urval, i din förklaring här?

E: Ja, det har skett ett naturligt urval genom att mutationen har liksom skett till fördel för organismen och det är det naturliga urvalet som har valt ut den, eller vad man ska säga. Den har anpassats bättre. Så det är det som har skett över huvudet, ett naturligt urval.

På provet ger hon en evolutionärt korrekt förklaring på säluppgiften med fem komponenter. På antibiotikauppgiften ger hon ingen evolutionär förklaring utan diskuterar bakterier som muterat och att denna resistensegenskap har förts vidare. På den öppna uppgiften om variationens uppkomst nämner hon mutation, gener, naturligt urval och anpassning.

Hon har inte bara ökat andelen svar med vetenskapliga idéer utan hon har också ökat graden av vetenskaplighet på flera uppgifter. Hon är dock lite osäker på antibiotikauppgiften på provet som hon inte besvarar evolutionärt och på lössuppgiften där hon väljer det icke-vetenskapliga alternativet som hon dock motiverar med ett korrekt evolutionärt resonemang. Hennes evolutionära kunskaper har utvecklats påtagligt under undervisningen, men lite fattas för att hamna i högsta vetenskapliga kategorin.

Alternativa idéer, svårigheten övervinns

I tabell 11.7 (sidan 212) visas att på förtestet är majoriteten av eleverna på alternativ nivå, 81 % (64 elever). De flesta av dessa övervinner hindret och når vetenskaplig nivå. Den vanligaste alternativa idén i förtestet var behovsdriven evolution. Elev 17 får exemplifiera elever som överger behovsresonemang och når vetenskapliga nivån när hon besvarar våra eftertestuppgifter.

Elev 17; kategori AAVV

På förtestet förklarar hon geparduppgiften med ett behovsresonemang och på de flesta flervalstuppgifter väljer hon behovsalternativen. På Likertuppgiften om variationens uppkomst väljer hon svarsalternativet närmare behovspåståendet med följande motivering:

Man brukar ju säga att ett djur efter ett tag anpassar sig till en omgivning. Det måhända att djuret från början hamnade i vatten av en slump, men att den utvecklade simhud beror endast på att det var en nödvändig egenskap.

På eftertestet resonerar hon med hjälp av vetenskapliga idéer på samtliga uppgifter. På geparduppgiften svarar hon evolutionärt korrekt med samtliga fem komponenter. Hon använder sig också av termen 'naturligt urval'. På Likertuppgiften om variationens uppkomst väljer hon svarsalternativet mittemellan påståendena 'behov' och 'mutation' med följande motivering:

Änderna levde i vatten och behövde simhud därför har de andindivider med en mutation i form av simhud överlevt och förökat sig genom naturligt urval. Till slut har hela arten utgjorts av individer med denna anpassning.

Här tolkas användningen av 'behov' vara i överensstämmelse med evolutionsteorin.

Under pågående undervisning intervjuas hon om naturligt urval. På bäveruppgiften ger hon en evolutionärt korrekt förklaring med komponenterna 'variation', 'överlevnad', 'arv' och 'ackumulation'. Hon använder termen 'naturligt urval' spontant i sin förklaring.

Säluppgiften på provet besvarar hon evolutionärt korrekt med samtliga fem komponenterna i svaret. På antibiotikauppgiften ser hon människokroppen som målorganism och ger följande svårtolkade förklaring:

Eftersom vissa människor har ärftliga anlag som gör att inte penicillin biter på dom. Så småningom kommer fler och fler anpassas och våra infektioner 'vänja sig' vid antibiotikan. Följderna blir att det längre inte biter. Detta till följd av naturliga urvalet och mutationer precis som i föregående uppgift.

Svaret tolkades inte som evolutionärt korrekt. På den öppna uppgiften om variationens uppkomst resonerar hon om mutationer, naturligt urval och miljöanpassning.

Denna elev har utvecklat sitt evolutionära kunnande från ett förtest uteslutande med alternativa idéer. Hon besvarade många förtestuppgifter med behovsresonemang. Redan i intervjuerna visar hon på evolutionärt kunnande.

Alternativa idéer, svårigheten kvarstår

Bland de 64 elever som är på alternativ nivå på förtestet är det en tredjedel som kvarstår på denna nivå (21 elever). Även bland dessa elever var behovsresonemang vanligaste alternativa idén. Elev 37 får exemplifiera denna grupp. Han för behovsresonemang på förtestet, men på provet ger han korrekta evolutionära förklaringar och på eftertestet är han tillbaka i behovsresonemang.

Elev 37; kategori AAV

På gepardfrågan använder han sig av behovsresonemang i både för- och eftertest. På uppgiften om variationens uppkomst väljer han behovsalternativet i båda testen. Han besvarar flera av flervalsuppgifterna i både för- och eftertest med att välja behovsalternativen.

Under undervisningens gång intervjuades han om naturligt urval. På bäveruppgiften gav han en vetenskaplig förklaring med komponenterna 'variation', 'överlevnad' och 'reproduktion'.

På provets säluppgift ger han en bra evolutionärt korrekt förklaring med fyra komponenter ('arv' saknas). Även antibiotikauppgiften besvaras vetenskapligt med komponenterna 'variation', 'överlevnad' och 'ackumulation'. På den öppna uppgiften om variationens uppkomst ger han ett utförligt svar som innehåller mutation, naturligt urval och artbildning. På dessa tre provuppgifter finns inga behovsresonemang alls.

11.5 Diskussion

I detta avsnitt diskuteras resultaten från den fördjupade analysen av elevernas individuella utveckling av kunnande i evolutionsteori från förtestet till det fördröjda eftertestet.

Elevernas evolutionskunnande

Med tanke på att eftertestets konsistenskategori bara ändras för ett fåtal elever (7 av 79) efter analys av deras samtliga prestationer (förtest, intervjuer, smågruppsdiskussioner, individuell interaktiv internetuppgift, prov/hemtentamen samt eftertest) anser jag att eftertestet ger en förhållandevis bra bild av elevernas långsiktiga behållning. Elevernas kunnande underskattas dock något då inte hänsyn tas till samtliga prestationer. Detta är logiskt då eftertestet inte är betygsgrundande. De skriftliga för- och eftertesten ger alltså i denna undersökning en bra bild av elevernas utveckling. Den ytterligare information som ges vid analys av elevernas samtliga pre-

stationer påverkar alltså inte den totala bilden mycket. Liknande resultat redovisar Redfors och Ryder (2001):

... This suggests that the written survey responses as a whole are successful in capturing the general features of students' explanations

Utvecklingsmönster

Sammanlagt identifieras tio olika utvecklingsmönster bland studiens elever (se sidan 213). Sex representerar elever som når den vetenskapliga nivån och fyra elever som inte når denna nivå. Det övergripande målet med undervisningen är att eleverna ska erövra evolutionsteorin så att de blir kapabla att använda den för att beskriva, förstå, förklara och förutsäga biologiska fenomen. De elever som i denna studie når den vetenskapliga nivån anser jag nå målet för undervisningen. De kan ett år efter avslutad undervisning använda evolutionsteorin. Det är fråga om tre fjärdedelar av eleverna, vilket är ett relativt bra resultat jämfört med andra studier (för referenser se avsnitten 4.2, 7.7 och 7.9).

Hinder för lärande

De flesta av de 13 elever som innan undervisningen inte accepterade slumpmässighet överkom denna svårighet. Den troliga orsaken till detta anser jag vara vårt medvetna sätt att dela upp evolutionen i två olika delprocesser där endast den ena innehåller slumpmässighet. Då slumpen placeras inom variationens uppkomst och eleverna blir medvetna om att inte hela evolutionsprocessen är slumpmässig underlättas förståelsen av teorin. Under observationerna i klassrummet får jag också visst stöd för denna uppfattning. De tre elever som kvarstår på alternativ nivå har även kategoriserats till andra hinder vad gäller förståelse av evolutionsteorin, religiösa hinder, standardsvar och alternativa idéer.

Det finns tecken på att religiös tro kan utgöra ett hinder för förståelse av evolutionsteorin bland elever i denna studie. Det är en större andel religiöst troende elever bland dem som inte når vetenskaplig nivå än bland dem som når denna nivå. Även i litteraturen finns liknande tecken (Sinclair et al., 1997). Dagher och BouJaoude (1997) finner exempel på att god förståelse av evolutionsteorin inte behöver innebära acceptans av denna, men motsatsen exemplifieras också. Bland de åtta elever som fortfarande var på alternativ nivå på eftertestet fanns även exempel på de andra hindren, accepterar ej slump, standardsvar och alternativa idéer. Det är svårt att avgöra om det verkligen är trosuppfattningar som är hindret eller om det är något av de andra. Dessutom kan det ju bero på något helt annat, exempelvis kom flera av dessa elever från andra kulturer än den svenska och det finns många

andra orsaker som kan samvariera (språksvårigheter, kulturella referensramar m.m.).

Av de religiösa eleverna är det sju elever som når den vetenskapliga nivån (varav en elev var i kategorin VV redan på förtestet). Flera författare har visat att en religiös tro inte behöver vara ett hinder för att lära evolutionsteorin (Demastes, Good et al., 1995; Dagher & BouJaoude, 1997; Sinclair et al., 1997; Meadows et al., 2000). Dessa sju elever överger inte sin tro under undervisningen men visar att de finner sätt att kombinera tro och vetenskap. Flera författare påpekar att det inte är troligt att evolutionsundervisning leder till att elever överger sin tro (Bishop & Anderson, 1990; Lawson & Weser, 1990). Dessutom var det inget mål för evolutionsundervisningen som tidigare diskuterats i avhandlingen. Vad kan då vara orsaken till att de sju eleverna nådde vetenskaplig nivå trots sin religiösa tro? Kanske att orsaken kan vara att naturvetenskapens karaktär var ett innehåll i undervisningssekvensen och att läraren visade på skillnaden mellan tro och vetenskap samt att eleverna diskuterade detta. I många artiklar om evolutionsundervisning rekommenderas att samtidigt undervisa om naturvetenskapens karaktär (Lawson & Worsnop, 1992; Smith et al., 1995; Dagher & BouJaoude, 1997; Alles, 2001). Slutsatsen blir att religion eventuellt kan utgöra ett hinder för att lära evolutionsteori, men det behöver inte vara så.

Bland samtliga elever i studien kategoriseras åtta till gruppen som lär sig ett standardsvar som de använder på gepard-, säl- och björnuppgifterna. Men då kontexten förändras besvarar de inte uppgifterna evolutionärt korrekt. Här misstänker jag att det är elever som lär sig evolutionsteori utan att gå på djupet med förståelsen. Brumby (1984) fann att många studenter verkade se naturvetenskaplig kunskap som absolut och denna accepteras och lärs ytligt som fakta.

Alternativa idéer är både hinder och förutsättningen för lärande. Detta kallar Pintrich et al. (1993) samt Pintrich (1999) i samband med begreppsförändring för förförståelsens paradox. Många författare diskuterar att flertalet elever och studenter i olika länder inte överger de alternativa idéerna i området evolutionsteori genom undervisning (Jungwirth, 1975; Brumby, 1984; Bishop & Anderson, 1990; Greene, 1990; Pedersen, 1992; Bizzo, 1994; Halldén, 1988; Demastes, Settlage et al., 1995). Samtidigt diskuterar man inom både variationsteorin (fenomenografen) och begreppsförändringsmodellen (konstruktivismen) värdet av att de alternativa idéerna explicit görs i klassrummet tillsammans med de vetenskapliga och att det är vid jämförelser mellan olika idéer som lärande sker. Vad framkommer då i denna avhandling? De flesta eleverna är innan undervisningen på alternativ nivå, men relativt många av dessa elever når vetenskaplig nivå (43 av 64 elever).

Bland dessa har de flesta mer än en alternativ idé då undervisningen startar (genomsnitt 1,6) jämfört med de 21 elever som inte når den vetenskapliga nivån (genomsnitt 1,3). Detta tyder på att det kan vara en fördel att ha flera idéer att jämföra de vetenskapliga idéerna med. Samtidigt som de alternativa idéerna verkar kunna utgöra ett hinder för lärande för flera elever så verkar det vara en fördel att ha flera alternativa idéer. Med andra ord – paradoxen kvarstår.

Begreppsförändring

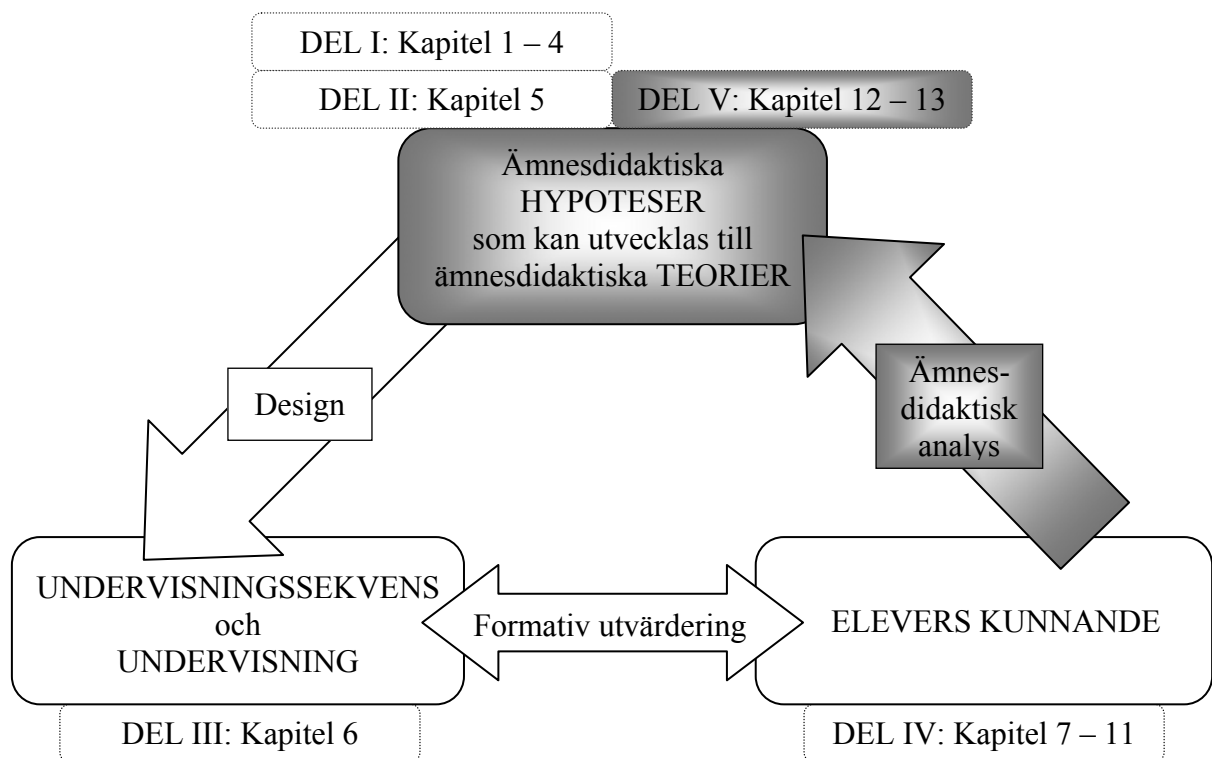
I litteraturen används begreppsförändringsmodellen som förklaringsmodell för lärande av naturvetenskapliga teorier och begrepp. Den utvecklades av Posner et al. (1982) då de studerade lärande av relativitetsteorin. Efter det har den utsatts för kritik och som svar på detta har modellen utvecklats vilket beskrivits av Duit och Treagust (2003).

Elev 118 som representerade elever som från början inte accepterade slumpmässighet visar i intervjun att hon är mitt uppe i en begreppsförändringsprocess, som jag upplever stämmer bra överens med modellen. (Se dessutom elevbeskrivningen av denna elev i appendix 7 <http://www.ped.gu.se/personal/anita.wallin/>). Då man jämför hennes förtest och eftertest har hon genomgått en begreppsförändring i alla fall när det gäller sådana uppgifter som finns i våra test. Hon kategoriserades till gruppen AA VV, alltså elever som besvarar förtestet med konsistent alternativa idéer och som ett år efter undervisningen besvarar eftertestet med konsistent vetenskapliga idéer. Denna grupp utgörs av 21 elever och det medför att drygt en fjärdedel av eleverna skulle ha genomgått denna begreppsförändring. Eventuellt skulle de fyra elever som kategoriserats till AV VV också kunna hänföras till denna grupp.

Det sammanlagt 43 elever som kategoriserats till alternativ nivå på förtestet och vetenskaplig nivå på eftertestet. Detta pekar på att drygt hälften av eleverna genomgår någon form av begreppsförändring. Femton elever var redan på vetenskaplig nivå på förtestet och dessa utvecklar graden av vetenskaplighet under undervisningen. För dessa elever överensstämmer undervisningens innehåll med deras begreppsekologi. De kan som Pedersen och Halldén (1994) beskriver assimilera till 'established framework'. Resterande 21 elever kvarstår eller återvänder till alternativ nivå efter undervisningen.

DEL V

ÄMNESDIDAKTISK HYPOTES



KAPITEL 12

SAMMANFATTANDE RESULTAT OCH DISKUSSION

Resultaten i denna avhandling genererar ett utkast till en ämnesdidaktisk teori för undervisning i biologisk evolution. Den utgör ett tentativt svar på den sista frågeställningen i avsnitt 5.2. I kapitel 6 redovisades hypotesen inför undervisningen i exp3. Denna ämnesdidaktiska hypotes har nu prövats i och med exp3 och vidareutvecklats.

I den vidareutvecklade hypotesen tas sådana aspekter upp som jag genom avhandlingens resultat och annan forskning samt genom beprövad erfarenhet funnit viktiga för att förstå biologisk evolution i stort och speciellt evolutionsteorin. Detta för att få kunskande och kunskap om vad som krävs av elever/studenter för att lära och lärare för att undervisa biologisk evolution på ett sådant sätt att eleverna utifrån sitt utgångsläge kan nå undervisningsmål.

12.1 Ämnesdidaktiska teorier för undervisning

Dessa undervisningsteorier bygger på ämnesdidaktisk forskning. De utgår från vad man genom forskning och beprövad erfarenhet vet om elevers förståelse och hur man genom undervisning kan få elever att nå en mer vetenskaplig förståelse. En sådan teori för ett givet naturvetenskapligt innehåll består av olika aspekter:

- A. Domänspecifika aspekter
- B. Aspekter som rör naturvetenskapens karaktär
- C. Generella aspekter

De domänspecifika aspekterna är specifika för varje naturvetenskapligt innehåll. De aspekter som rör naturvetenskapens karaktär är mer eller mindre generella för all naturvetenskaplig undervisning. De generella aspekterna kan vara giltiga även för undervisning av innehåll som inte tillhör naturvetenskaperna, men inom andra kunskapsområden kan vissa aspekter strykas och andra tillkomma.

En ämnesdidaktisk hypotes för undervisning i biologisk evolution

Om följande aspekter beaktas i undervisningen antas eleverna ha goda möjligheter att lära och förstå evolutionsteorin och dess konsekvenser:

A. Domänspecifika aspekter

1. Det klargörs att evolution betraktas som ett historiskt faktum i naturvetenskapen, livets uppkomst diskuteras och evolutionär tid konkretiseras.
2. Den teori som förklarar evolutionen delas upp i två processer, dels uppkomst av variation i ärftliga egenskaper, dels naturligt urval.
3. Det betonas att endast den förstnämnda processen är slumpmässig, inte den senare.
4. Vanliga alternativa idéer (vardagsföreställningar) om biologisk evolution t.ex. idén om behovsdriven miljöanpassning av alla individer inom en art, görs på lämpligt sätt till en del av undervisningsinnehållet.
5. Evolutionsteorin studeras genom att de fem komponenterna 'variation', 'arv', 'överlevnad', 'reproduktion' och 'ackumulation' introduceras, diskuteras och används.
 - Befintlig variation diskuteras utförligt och så mycket genetik införs som behövs för att få en idé om hur likheter och olikheter uppkommer.
 - Skillnader i överlevnad och i reproduktion bland populationens individer diskuteras och hur dessa skillnader är relaterade till naturligt urval.
 - Populationers anpassning genom ackumulation diskuteras.
6. Medvetenhet om befintlig variation av ärftliga egenskaper är en nödvändig plattform för att gå vidare till naturligt urval och på så sätt få ett alternativ till idéer om evolution orsakad av behov, strävan, vilja m.m.
7. Olika organisationsnivåer som resonemangen om evolution gäller görs explicita.
8. Teorin om evolution genom naturligt urval används för att förklara livets utveckling, stamträd, biologisk mångfald, sexuell selektion, samevolution, artbildning, etologi m.m.

B. Aspekter som rör naturvetenskapens karaktär

1. Karaktären av en naturvetenskaplig teori klargörs (är hypotetisk till sin natur, kan förklara och förutsäga, prövas med experiment och iakttagelser, kan ej verifieras så till den grad att den kan betraktas som en absolut sanning, ger en sammanhållande förståelse av många fenomen m.m.)

2. Skillnader mellan naturvetenskap och tro behandlas. Specifikt för evolutionsundervisning: Naturvetenskapen har inget att säga om Guds existens och handlande och behöver därför inte utgöra något hot mot gudstro. Denna insikt kan bidra till att religiös tro inte behöver blockera lärande av evolutionsteorin.
3. Eleverna bjuds in till naturvetenskapens sätt att förklara fenomen i världen. I fallet evolutionsundervisning förklaras livets uppkomst och utveckling. Stor hänsyn visas till olika elevers syn på livets uppkomst och utveckling och deras eventuella religiösa uppfattningar.

C. Generella aspekter

1. Läraren ser sig som en aktiv bärare av den vetenskapliga kulturen, som introducerar begrepp, ger vetenskapliga förklaringar, arrangerar situationer för begreppsanvändning m.m.
2. Läraren är väl insatt i vanliga alternativa idéer, vardagsföreställningar, om innehållet och vad dessa betyder för undervisningen. Dessa idéer är läraren medveten om genom hela undervisningen. Han/hon är uppmärksam och intresserad av elevernas idéer, både redan kända och nya.
3. Läraren skapar ett tillåtande klassrumsklimat där eleverna på ett positivt sätt kan dela med sig av sina idéer och funderingar. Det är dessa idéer snarare än elever eller lärare som möts i diskussionerna.
4. Tid och omsorg ägnas åt ett givet områdes grundbegrepp.
5. Väl tilltagen tid används för att diskutera och lösa olika uppgifter som innebär att eleverna får tillämpa undervisningsinnehållet i olika situationer.
6. Djuplärande uppmuntras. Tecken på djuplärande kan t.ex. vara att eleven
 - 'vrider och vänder' på det nya kunnandet (transformation i stället för memorering)
 - ställer frågor och framkastar idéer
 - kopplar ihop nytt kunnande med befintligt
 - använder kunnande som verktyg för att se sin omvärld med nya ögon
 - diskuterar det nya med kamrater och andra
 - antar utmaningar (t.ex. i form av problemuppgifter)

7. Formativ utvärdering används på ett varierat sätt av både lärare och elever i syfte att förbättra undervisning och lärande.
8. Läraren utgår inte från att eleven är motiverad utan arbetar för att skapa intresse och motivation.

12.2 Diskussion utifrån hypotesen

Här följer en diskussion utifrån den vidareutvecklade hypotesens olika aspekter som redovisas ovan. I avsnitt 6.2 redovisas den hypotes vi utgick ifrån inför exp3. Den byggde på forskningslitteratur, beprövad erfarenhet sedan tidigare och från exp1 och exp2 samt den påbörjade analysen av elevernas kunnande och utveckling av detta. På sidan 95 presenteras de domänspecifika aspekter som ingick i hypotesen inför prövningen i exp3. Vissa aspekter står oförändrade eftersom prövningen styrker dem, andra har lagts till och några har omformulerats utifrån resultaten i avhandlingen.

A. Domänspecifika aspekter

1. *Det klargörs att evolution betraktas som ett historiskt faktum i naturvetenskapen, livets uppkomst diskuteras och evolutionär tid konkretiseras.*

Detta utgjorde en aspekt redan i exp3. Ur naturvetenskaplig synpunkt finns inget fog för att låta eleverna ta ställning till om evolutionsteorin är giltig eller ej, lika lite som man låter elever ta ställning till andra naturvetenskapliga teorier t.ex. gravitationsteorin, relativitetsteorin eller partikelteorin. Att evolution historiskt har skett är ett faktum att jämföra med t.ex. att jorden är rund. Men eleverna måste bemötas med ödmjukhet och jag håller med Smith (1994) då han skriver att om vi ska bli framgångsrika på att undervisa om evolutionsteori måste vi ta hänsyn till våra elevers världsåskådning.

Bland de elever som kategoriseras som troende i denna studie finns elever som utvecklar kunnande i evolutionsteori och de som inte gör det. Flera elever visar hur de förenar sin religiösa tro med kunnande i evolution. Diskussionerna om de olika hypoteser som finns om livets uppkomst kan möjliggöra en religiös tro och samtidigt acceptera av evolutionen. Men dessa hypoteser om livets uppkomst är framförallt ett lämpligt undervisningsinnehåll för förståelse av livets evolution.

Att på något sätt omfatta den oerhört långa tidsrymd under vilken evolutionen pågått är en förutsättning för förståelse av evolutionsteorins konsekvenser t.ex. mångfald. Det är svårt för oss att få en rimlig uppfattning, men att lägga ner undervisningstid på detta är dock nödvändigt. Flera författare visar på svårigheten med geologisk tidsuppfattning (t.ex. Brumby,

1981; Tamir & Zohar, 1991; Ferrari & Chi, 1998; Smith et al., 1995; Dordick & Orion, 2003). Under lektion 2 konkretiserades evolutionär tid och många elever skriver om detta i sina loggböcker:

Elev 187: Då vi gjorde en tidsskala över jordens utveckling, fick man en bra insikt över hur långt historien går tillbaks. ...

Elev 191: Det var intressant att se vilket stort tidsperspektiv det rör sig vad gäller Big Bang, jordens uppkomst, första dinosaurierna, första människorna etc.

Att betrakta evolutionen som ett naturvetenskapligt historiskt faktum tillsammans med diskussioner om naturvetenskapens karaktär, livets uppkomst och geologisk tid verkar vara en aspekt som underlättar förståelse av evolutionen och aspekten kvarstår även efter provningen i exp3.

2. Den teori som förklarar evolutionen delas upp i två processer, dels uppkomst av variation i ärftliga egenskaper, dels naturligt urval.

Redan Bishop och Anderson (1990) poängterar vikten av att visa på evolutionens två olika delprocesser – den slumpmässiga som leder till variationens uppkomst och den icke slumpmässiga, naturligt urval, som leder till anpassning. Denna och nedanstående aspekt fanns redan i hypotesen inför exp3.

3. Det betonas att endast den förstnämnda processen är slumpmässig, inte den senare.

Att poängtera att inte hela evolutionsprocessen är slumpmässig verkar vara en av anledningarna till att elever framgångsrikt lär sig och kan använda evolutionsteorin i denna studie. Flera elever visar innan undervisning att de inte accepterade slumpprocesser. Att evolutionen skulle resultera i den mångfald och det avancerade liv som finns på jorden idag på grund av en slumpprocess finner de orimligt. Att placera slumpen på sin rättmätiga plats i evolutionen är en förutsättning för lärande av evolutionsteorin och detta kan nås genom uppdelningen i två delprocesser. Denna och föregående aspekt har visat sig betydelsefull för elevers förståelse av evolutionsteorin då detta prövats i samtliga tre experimentundervisningarna och styrks av resultaten i avhandlingen.

4. Vanliga alternativa idéer (vardagsföreställningar) om biologisk evolution t.ex. idén om behovsdriven miljöanpassning av alla individer inom en art, görs på lämpligt sätt till en del av undervisningsinnehållet.

Vi var redan inför exp1 medvetna om de flesta av de alternativa idéer som beskrivs i avsnitt 3.1 och 3.2. Medvetenheten har dock ökat genom erfarenheter under exp1 och exp2 samt ytterligare litteraturstudier. Den inle-

dande analysen av elevernas kunskande inför exp3 gjorde oss t.ex. medvetna om att elever som använder termen 'behov' inte behöver anse att evolutionsteorin är behovsstyrd.

Denna aspekt har utvecklats och lyfts ut till en egen aspekt efter resultat från avhandlingen. Inför exp3 ingick den i punkt 5 (sidan 95). Anledningen till utlyftandet är att jag anser att de alternativa idéerna om evolution kan användas ännu mer explicit. En anledning till att många elever inte lärde sig den evolutionära betydelsen av 'anpassa' kan vara att olika idéer inte framkom tillräckligt tydligt (se t.ex. sidorna 141, 188 och 194). Mutationer är ytterligare ett innehåll som jag anser borde ha diskuterats mer utifrån olika idéer, t.ex. fanns tidigt tecken på att eleverna ofta förknippade mutationer med stora förändringar i individers egenskaper (se sidan 97). Ytterligare resultat som stöder att mer explicit använda olika idéer om evolution i undervisningen är tecknen på att det är en fördel att känna till många olika idéer om ett fenomen för att utveckla naturvetenskaplig förståelse av fenomenet (sidan 225). Dessutom framkom vid smågruppsdiskussioner att då en elev genom motargument insåg en annan betydelse av ett uttryck accepterade han idén (sidan 194).

Resultat i avhandlingen visar att lärande genom att bygga på elevers intuitiva idéer inte fungerar i evolutionsteori. Det beror på att evolutionsteorin förutsätter ett annorlunda sätt att tänka. Man utgår från en befintlig variation i en population och inte från de intuitiva idéerna om behov, strävan, vilja, naturkraft, balans eller liknande. Det är alltså fråga om att byta grundantaganden. Men observera att läraren trots detta behöver ha kunskande om elevernas utgångsläge och idéer. Om en elev ska kunna erövra evolutionsteorin måste läraren känna igen de olika alternativa idéerna för att bemöta och leda eleven vidare. I vår undervisning var läraren medveten om våra elevers alternativa idéer genom en analys av förtestet på gruppnivå. Vi använde dessa i undervisningen bland annat som underlag för smågruppsdiskussioner och diskussioner i helklass. Medvetenheten om elevernas alternativa idéer möjliggjorde för läraren att uppmärksamma och bemöta dessa på ett genomtänkt sätt.

5. Evolutionsteorin studeras genom att de fem komponenterna 'variation', 'arv', 'överlevnad', 'reproduktion' och 'ackumulering' introduceras, diskuteras och används.

Denna aspekt har omarbetats betydligt sedan exp3. Som tidigare nämnts på flera ställen i avhandlingen har de undervisningssekvenser som vi utvecklar i vår forskningsmiljö undervisning i och lärande av en naturvetenskaplig teori i fokus. Poppers tre världar är en bra metafor för detta. Exempelvis finns evolutionsteorin i idévärlden (Värld 3) och denna måste läraren ha ett

gediget kunnande om och dessutom måste han/hon ha ett kunnande om vanliga alternativa idéer. Utifrån detta ska eleverna med lärarens professionella hjälp erövra evolutionsteorin (Värld 2) för att kunna använda den för att beskriva, förstå, förklara och i viss mån förutsäga biologiska fenomen (Värld 1). Detta innebär att undervisningen får ett tydligt mål som eleverna ska uppnå och som är utvärderingsbart.

Om evolutionsteorin ska bli ett intellektuellt användbart verktyg måste den aktivt byggas upp av eleverna tillsammans med läraren. Det är inte troligt att eleverna klarar detta på egen hand. Historien och forskningen visar att evolutionsteorin är svår för oss att förstå. Den bygger på ett sätt att tänka som är kontraintuitivt. Värt att påpeka är att introduktionen av evolutionsteorin medförde ett paradigmskifte inom vetenskapsområdet biologi.

- *Befintlig variation diskuteras utförligt och så mycket genetik införs som behövs för att få en idé om hur likheter och olikheter uppkommer.*

Detta utgjorde en aspekt i exp3, även om fokuseringen på befintlig variation ökat på grund av resultat i avhandlingen, som har visat sig så betydelsefull att det motiverar att den nu utgör en ny egen aspekt (aspekt 6). Resultaten i avhandlingen tyder på att evolutionsundervisning inte behöver komma efter den i genetik, i alla fall inte på gymnasiet. Diskussionen om ordningsföljden mellan genetik och evolution kan antagligen inte få ett definitivt svar. Jag är övertygad om att bra undervisning kan ske på många olika sätt. Det är möjligt att läsa genetik både innan och efter evolution och dessutom samtidigt som rekommenderas ibland.

Omfattningen av den genetik som behövs är naturligtvis beroende av undervisningsgrupp. Det genetiska innehåll som presenterades för våra elever och som finns beskrivet i avsnitt 6.3 visade sig vara tillräckligt för att de flesta av våra elever skulle utveckla kunnande i evolutionsteori.

- *Skillnader i överlevnad och i reproduktion bland populationens individer diskuteras och hur dessa skillnader är relaterade till naturligt urval.*

Denna delaspekt har utvecklats sedan exp3. Det visar sig i analyserna att för eleverna är överlevnadsskillnader en relativt enkel och mer eller mindre självklar konsekvens av befintlig variation. Detta blev tydligt i de uppgifter där den befintliga variationen visades explicit, dvs. bäveruppgiften i intervjuer och smågruppsdiskussioner samt den individuella renvarguppgiften. Däremot inser vissa elever inte reproduktionens avgörande betydelse för evolutionär utveckling. Överlevnad som inte leder till en relativt större andel avkommor i nästa generation är evolutionärt betydelselös. Därför är det

reproduktionskomponenten som räknas. Fitnessbegreppet (relativ reproduktionsframgång) kan vara lämpligt att diskutera i samband med detta. Jag rekommenderar dock att man diskuterar bägge komponenterna. Anledningen är att det framkommer att eleverna direkt inser överlevnadsskillnader då den befintliga variationen i en population blir uppenbar och därmed kommer in på evolutionära resonemang. Däremot är reproduktionsskillnader inte lika uppenbara och utgör till och med ett problem för vissa elever. Detta framkom vid analysen av intervjuerna om naturligt urval (se t.ex. sidan 187).

- *Populationers anpassning genom ackumulation diskuteras.*

Detta är en ny delaspekt som inte fanns med i exp3. Jag rekommenderar ackumulation som term för att frekvensen av individer med en viss egenskap i populationen ökar genom naturligt urval. Anledningen till detta val är att inledningsvis undvika termen anpassa, som elever associerar till evolution, men med en icke evolutionärt korrekt innebörd. Först efter att de insett innebörden i ackumulation är det lämpligt att ha diskussion av det evolutionära begreppet anpassa. Dessutom bör en jämförelse med andra innebörder av anpassa ingå, både biologiska och andra. Jag väljer att inte byta ut anpassa mot ackumulation helt och hållet på grund av att eleverna redan förknippar anpassa med evolution.

Jag rekommenderar vidare att man använder anpassning som ett resultat efter naturligt urval i evolutionsundervisning. Med andra ord naturligt urval är drivkraften och resulterar i att populationen blir anpassad till sin miljö. De flesta elever som innan undervisning associerar anpassa med evolution anser att anpassning utgör själva mekanismen.

6. *Medvetenhet om befintlig variation av ärftliga egenskaper är en nödvändig plattform för att gå vidare till naturligt urval och på så sätt få ett alternativ till alternativa idéer om evolution orsakad av behov, strävan, vilja m.m.*

Detta är en ny aspekt som bygger på avhandlingens resultat. Att inomartsvariation är ett mer eller mindre okänt område för elever och studenter vittnar flera forskare om (t.ex. Halldén, 1988; Greene, 1990; Pedersen & Halldén, 1994; Jensen & Finley, 1995; Smith et al., 1995; Rudolph & Stewart, 1998). Greene påpekar dessutom att elever/studenter som inte observerar inomartsvariation ofta resonerar i termer av behov.

Avhandlingens resultat visar att befintlig variation är en nyckelidé för att förstå evolutionsteorin. Utifrån den befintliga variationen kommer elever nämligen lätt in på korrekta evolutionära resonemang. Det är den som gör

att de kan byta grundantagandena och som medför att eleverna har chans att gå från de intuitiva idéerna om behov, strävan, vilja, naturkraft, balans eller liknande till de mer vetenskapliga idéerna. Idén om befintlig variation motsäger dessutom den vanliga uppfattningen att alla individer i en population (art) utvecklas samtidigt med en ökning eller minskning av egenskapen i fråga, istället för en frekvensförändring i populationen som blir resultatet av naturligt urval. Befintlig variation är dessutom ett innehåll som med fördel kan börja undervisas i tidiga skolår.

En stor del av den befintliga genetiska variation som finns hos dagens organismer har antagligen funnits under lång evolutionär tid. Den nya variation som ständigt uppkommer diskuteras lämpligen i samband med befintlig variation. Den uppkommer främst genom mutationer och omkombinationer vid sexuell reproduktion. De flesta mutationer som inträffar ger inget bidrag till evolutionen. Dels på grund av att de som sker i somatiska celler är ointressanta eftersom de dör med individen. Endast de som sker i fortplantningsceller har evolutionär betydelse. De flesta av dessa mutationer är negativa för individen och selekteras bort. Dessutom finns hos individer reparationsmekanismer som förhindrar mutationer att framträda.

7. Olika organisationsnivåer som resonemangen om evolution gäller görs explicita.

Denna aspekt användes redan i exp3. Olika begrepp i evolutionsteorin diskuteras på olika organisationsnivåer. Variation behandlas på art-, populations- individ- och kromosom/gen/DNA nivå, arv på individnivå mellan generationer, överlevnad och reproduktion på individnivå, naturligt urval på individ och gennivå samt ackumulation på populationsnivå. Detta innebär att undervisningsinnehållet hoppar mellan olika nivåer många gånger då evolutionsteorin byggs upp. Det finns stora risker att eleverna inte hänger med om inte läraren visar explicit på vilken nivå diskussionen förs. Detta är ytterligare en möjlig delorsak till att eleverna i vår undervisning lärde sig evolutionsteorin framgångsrikt. I undervisningen demonstrerade läraren explicit med hjälp av undervisningsmaterial eller i tal på vilken organisationsnivå diskussionen skedde.

8. Teorin om evolution genom naturligt urval används för att förklara livets utveckling, stamträd, biologiska mångfald, sexuell selektion, samevolution, artbildning, etologi m.m.

Denna aspekt fanns med inför exp3. Den skiljer sig från aspekt 5, där användning av teorin ingår, men här understryks evolutionsteorins generalisering. Den kan tillämpas på många olika fenomen och här visar sig dess an-

vändbarhet för att förklara och i viss mån förutsäga biologiska fenomen, dvs. den tankeekonomi som Passmore och Stewart (2002) diskuterar.

B. Aspekter som rör naturvetenskapens karaktär

Dessa aspekter användes under exp3, men redovisas inte i punktform i avsnitt 6.2 utan beskrivs där mer övergripande.

1. Karaktären av en naturvetenskaplig teori klargörs (är hypotetisk till sin natur, kan förklara och förutsäga, prövas med experiment och iakttagelser, kan ej verifieras så till den grad att den kan betraktas som en absolut sanning, ger en sammanhållande förståelse av många fenomen m.m.)

Jag rekommenderar att man i undervisningen diskuterar naturvetenskapens karaktär och då specifikt vad en teori är och vad som skiljer vardagsbegreppet teori från det vetenskapliga begreppet. Många elever har vardagsföreställningar om vetenskapliga teorier, vilket framkommer i litteraturen och när det gäller våra egna elever i förtestet.

2. Skillnader mellan naturvetenskap och tro behandlas. Specifikt för evolutionsundervisning: Naturvetenskapen har inget att säga om Guds existens och handlande och behöver därför inte utgöra något hot mot gudstro. Denna insikt kan bidra till att religiös tro inte behöver blockera lärande av evolutionsteorin.

Jag håller med Smith (1994) om att man kan ta tillfället i akt att undervisa om naturvetenskapens karaktär i evolutionssammanhang och hur denna kunskap skiljer sig från tro. Få undervisningsinnehåll inom de naturvetenskapliga ämnena ligger så tydligt i ett gränsland där många personer besvarar frågor utifrån trosuppfattningar och andra utifrån vetenskap. Uppfattningen att naturvetenskapens karaktär är ett lämpligt innehåll i evolutionsundervisning delas av många forskare (t.ex. Lawson & Worsnop, 1992; Smith et al., 1995; Dagher & BouJaoude, 1997; Alles, 2001; Zetterqvist, 2003). I kursplanen för både grundskolan och gymnasieskolan ingår naturvetenskapens karaktär som ett område samtliga elever ska undervisas i. I avsnitt 3.3 diskuterar jag evolution i förhållande till religiös tro och där refererar jag till Smith et al. (1995) som menar att man inte ska se evolution i motsats till religion och att det inte är undervisningens mål att elever ska överge sin religiösa tro. I undervisningen bemödade vi oss om att bemöta alla idéer om livets utveckling med största respekt och diskuterade skillnaden mellan tro och vetenskap. Jag som observatör såg inga tecken på att någon elev hade problem med undervisningsinnehållet på grund av sin religiösa tro.

3. *Eleverna bjuds in till naturvetenskapens sätt att förklara fenomen i världen. I fallet evolutionsundervisning förklaras livets uppkomst och utveckling. Stor hänsyn visas till olika elevers syn på livets uppkomst och utveckling och deras eventuella religiösa uppfattningar.*

Evolutionsundervisningens mål är som sagt inte att elever ska överge sin eventuella religiösa tro utan målet är förståelse av och kunnande i evolutionsteori (t.ex. Lawson & Worsnop, 1992; Cobern, 1994). Det har visat sig att elever kan ha en religiös tro och samtidigt ha kunnande i evolutionsteori (t.ex. Demastes, Good et al., 1995; Dagher & BouJaoude, 1997; Meadows et al., 2000). Samtidigt innebär undervisning alltid påverkan, mer eller mindre, som i detta fall kan leda till att elever så småningom överger sin religiösa tro. Jag håller med Smith (1994) som anser att man inte ska lägga naturvetenskaplig undervisningstid på trosfrågor. Vi gjorde inte detta mer än att vi diskuterade skillnaden mellan vetenskap och tro. Det uppkom inte heller något behov av detta i undervisningen.

C. Generella aspekter

De flesta av dessa aspekter användes under exp3, men redovisas inte i punktform i avsnitt 6.2 utan beskrivs där på ett övergripande sätt.

1. *Läraren ser sig som en aktiv bärare av den vetenskapliga kulturen, som introducerar begrepp, ger vetenskapliga förklaringar, arrangerar situationer för begrepps-användning m.m.*

Som flera forskare påpekat (t.ex. Viennot & Raison, 1999; Leach & Scott, 2002; Zetterqvist, 2003) har läraren en mycket betydelsefull roll både i klassrummet och inte att förglömma i planeringen av undervisningen. Det är en mångfacetterad roll och den har diskuterats vid flera tillfällen tidigare i denna avhandling.

2. *Läraren är väl insatt i vanliga alternativa idéer, vardagsföreställningar, om innehållet och vad dessa betyder för undervisningen. Dessa idéer är läraren medveten om genom hela undervisningen. Han/hon är uppmärksam och intresserad av elevernas idéer, både redan kända och nya.*

Detta utgör en generell aspekt i naturvetenskaplig undervisning eftersom läraren hela tiden bör vara uppmärksam intresserad av elevernas alternativa idéer för att deras kunnande ska utvecklas. Det är här mera fråga om en attityd eller inställning från lärarens sida jämfört med den domänspecifika aspekten där de evolutionärt innehållsmässiga alternativa idéerna diskuteras.

Det är viktigt att på ett eller annat sätt ta reda på de alternativa idéer som de egna eleverna har. Detta kan göras på många olika sätt t.ex. förtest, intervjuer, smågruppsdiskussioner med redovisningar, helklassdiskussioner eller uppgiftslösning. Om ett område är väl beforskat kan en litteraturstudie av läraren var fullt tillräcklig då det visat sig att det inte finns oändligt många alternativa idéer om t.ex. evolution utan en handfull. Det verkar dessutom vara liknande alternativa idéer i olika kulturer (t.ex. Jungwirth, 1975; Brumby, 1981; 1984; Bishop & Anderson, 1990; Bizzo, 1994; Jiménez-Aleixandre, 1992; Wallin, 1997; Baalman & Kattman, 2001). Dessutom kan det vara pedagogiskt olämpligt att inleda varje undervisningsområde på samma sätt. Att använda de egna elevernas alternativa idéer explicit genom att presentera förtestresultat på gruppnivå har jag av egen erfarenhet upplevt vara stimulerande och motivationshöjande för elever (Wallin, 1997). Ansvaret för att de vetenskapliga idéerna hela tiden finns med i diskussionerna ligger på läraren. Han/hon är ju bärare av den vetenskapliga kulturen och måste införa dessa i klassrummet.

3. Läraren skapar ett tillåtande klassrumsklimat där eleverna på ett positivt sätt kan dela med sig av sina idéer och funderingar. Det är dessa snarare än elever eller elever och lärare som möts i diskussionerna.

Detta är en viktig aspekt om man vill att elever ska framföra sina idéer i klassrummet. Här kan vetenskapshistorien komma till hjälp genom att vetenskapsmän och kvinnor tidigare har haft liknande idéer, som eleverna har nu. Detta är ett sätt att avdramatisera upplevelser av att ha fel. Att visa förtestresultat på gruppnivå är ett annat sätt eftersom det så gott som alltid visar sig att flera elever har liknande idéer. Detta innebär att eleverna inte behöver uppleva att de är ensamma om en alternativ idé. Att arbeta med att nedtona diskussionen om rätt och fel och i stället avpersonifiera idéerna och låta dessa mötas och få visa på sin förklaringspotential anser jag vara viktig förutsättning för lärande. Som observatör upplevde jag klassrumsklimatet i undervisningsexperimenten som positiv. Detta styrks av följande loggbokskommentar:

Elev 179: Det är bra att vi får vara med och säga och tycka, och man blir inte ihjäl mobbad ifall man råkat ha fel. (Slutkommentaren)

4. Tid och omsorg ägnas åt ett givet områdes grundbegrepp.

Denna aspekt kan upplevas självklar, men att omsorgsfullt välja ut innehåll och undervisa om grundbegreppen är inte trivialt. Det är viktigt att formu-

lera mål för undervisningen så att utvärdering av elevers kunskande blir möjlig.

5. *Väl tilltagen tid används för att diskutera och lösa olika uppgifter som innebär att eleverna får tillämpa undervisningsinnehållet i olika situationer.*

Om eleverna ska lära sig t.ex. en naturvetenskaplig teori, evolutionsteorin, krävs tid för att diskutera och lösa olika uppgifter där de får tillämpa den. Detta är en ofta förbisedd nödvändighet. Att tid för tillämpning behövs visade sig på flera sätt i denna studie kanske främst i elevernas loggböcker, där över hälften av eleverna kommenterade detta utan att ha fått någon direkt uppmaning att göra så.

Elev 191: Nu börjar det lossna lite grann för mig inom evolutionsteorierna. Kanske med tanke på att vi gör (i stort sett) liknande saker varje lektion. Och det tror jag är bra. För då blir det inte kanske bara ytinläring, utan det sätter sig förhoppningsvis. Allt blir ju mycket lättare och roligare om man förstår och kan. Som sagt, jag förstår mer och mer av vad evolutionsteorierna går ut på. Tidigare har det varit lite svårt att förstå, precis allt, men just idag var det inga problem med det. (Efter lektion 8)

6. *Djuplärande uppmuntras.*

Denna aspekt belyser att undervisning ska leda till förståelse av t.ex. naturvetenskapens begrepp, modeller eller teorier. Om detta ska bli möjligt måste eleverna få rika möjligheter att tillämpa sitt kunskande redan under undervisningen. Eleverna bör få börja använda t.ex. ett begrepp direkt. Detta kan man exempelvis göra genom diskussioner med de elever som sitter närmast under pågående lektion några minuter. Att lära sig ett nytt begrepp och omfatta det är ofta en mödosam och tidskrävande process. Ett exempel utgör elevcitaten ovan. En av de första stegen i denna är att använda termen och börja tänka, tala eller skriva med det nya begreppet.

7. *Formativ utvärdering används på ett varierat sätt av både lärare och elever i syfte att förbättra undervisning och lärande.*

Målet för undervisningen är att eleverna ska erövra innehållet i form av begrepp, modell eller teori på ett sådant sätt att det blir ett intellektuellt verktyg. Detta mål bör utvärderas. Beroende på vilken barn-, elev- eller studentgrupp som undervisningen riktar sig till kommer olika utvärderingar att användas. Summativ utvärdering för betygsättning om undervisningen sker på grundskolans senare del eller högre upp i skolsystemet. Man kan också använda summativ utvärdering för att utvärdera undervisningssekvensen både direkt efter avslutad undervisning eller fördröjt för att utvärdera den

långsiktiga behållningen. Denna summativa utvärdering kan dessutom användas formativt av läraren för kommande undervisning med andra grupper. Dessutom är det lämpligt att använda formativ utvärdering av pågående undervisning. Dels för att läraren ska kunna planera den fortsatta undervisningen och dels för att lärare och elever ska få en uppfattning om hur lärandet utvecklas. Exempel på metoder för formativ utvärdering är loggboksskrivning, testuppgifter, små- och storgruppsdiskussioner. Renvarguppgiften i denna avhandling utgör ett exempel på en testuppgift som kan användas formativt. De elever som under exp3 lyckades bäst på det fördröjda eftertestet hade sett både ren och varg populationerna i ett evolutionärt perspektiv. Det är därför möjligt att utföra uppgiften och undersöka hur många elever som diskuterar även vargpopulationen i evolutionära termer. Om inte alla elever gör detta kan det bli kommande lektions innehåll.

8. Läraren utgår inte från att eleven är motiverad utan arbetar för att skapa intresse och motivation.

Överhuvudtaget då det gäller undervisning av olika innehåll i skolan kan vi inte förvänta oss att alla elever ska vara intresserade från början. En uppgift som jag anser skolan har är att medverka till att skapa intresse. Genom ett ökat kunnande inom ett område ökar chansen till att intresse växer. Lijnse (2003) poängterar att vi inte ska förvänta oss intresse från alla eller ens majoriteten av elever. Eftersträvansvärt är dock att eleverna ska känna lust att lära mer om ett givet innehåll, i alla fall så pass mycket att de ser fram emot nästa lektion med tillförsikt. Många elever skriver i loggböckerna att de anser att evolutionsundervisningen var intressant:

Elev 184: Nån slags sammanfattning. Jättebra!!! Min helt uppriktiga åsikt om evolutionslektionerna är att det har varit intressant och kul. Dessutom har jag lärt mig en massa nya saker. Och då menar jag lärt mig. För det känns som om jag kommer komma ihåg det här. Ända tills jag blir 80 år!!! Nämen, ärligt, det mesta jag har lärt mig har jag lärt mig på lektionerna, boken var väl mer för att fylla i lite småfakta här och där... Den delen om ekologi och grejer, som vi hade lektioner i, borde vart mer lik evolutionslektionerna. Det känns mycket mer motiverat att plugga ordentligt när man tycker allt är intressant för då lär man sig inte enbart för att man måste utan även för att man vill lära sig. Phew! Nu orkar jag inte skriva mer...

KAPITEL 13

SLUTDISKUSSION

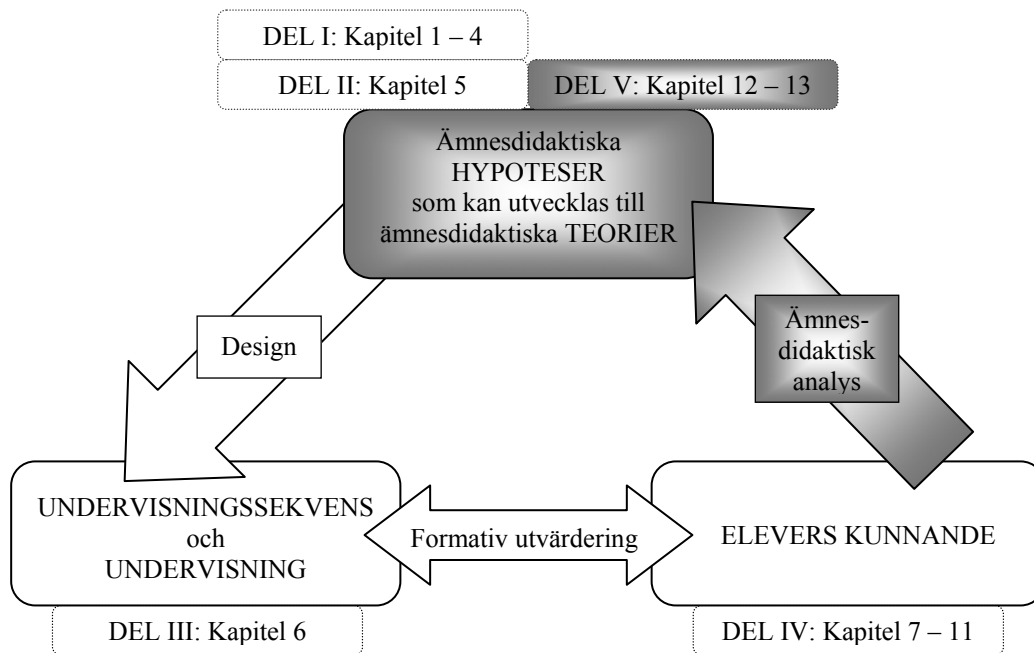
I avhandlingen har resultaten tidigare diskuterats fortlöpande i kapitel 7 – 12. I detta kapitel kommer jag att diskutera olika resultat som framkommit i avhandlingen som jag finner intressanta och som jag tror kan ha betydelse för lärande och undervisning och forskning om detta. De områden jag vill belysa ytterligare i denna slutdiskussion är:

- Design av undervisningssekvenser – ämnesdidaktisk forskning
- Ämnesdidaktisk analysmetod – vidgad innebörd?
- Allmänna teorier om lärande och undervisning
- Förförståelsens betydelse
- Konsistens
- Elevers kunnande
- Kritisk reflektion över undervisningen i studien
- Implikationer för undervisning och forskning
- Avhandlingens forskningsfrågor och nya frågor

Jag inleder med en diskussion kring den figur som fått representera vandringsen genom avhandlingens olika delar. Den har använts för att illustrera design av undervisningssekvenser.

13.1 Design av undervisningssekvenser – ämnesdidaktisk forskning

I bakgrunden (kapitel 1 till 4) presenteras mina utgångspunkter angående ämnesdidaktik, epistemologi, teoretisk plattform samt litteraturgenomgångar avseende alternativa idéer inom biologisk evolution och naturvetenskaplig undervisning. Utifrån beprövad erfarenhet, påbörjade litteraturstudier och pilotundervisning (Wallin, 1997) planerade vi undervisningen för exp1. Mellan exp1 och exp2 hann vi inte analysera mer än en bråkdel av alla data, men vissa erfarenheter använde vi formativt på designen av undervisningen i exp2. Inför exp3 hade vi större erfarenhet bl.a. genom att vi intervjuat många elever. Jag hade observerat samtliga lektioner under exp2, analyserat mer data och genererat resultat. Utifrån detta hade vi en ämnesdidaktisk hypotes för undervisning i biologisk evolution som har diskuterats i avsnitt 6.2. Denna hypotes operationaliserades i en undervisningssekvens som utformades enligt den modell som sammanfattas i figur 6.1 (sidan 88) och som sedan har utprovats och utvärderats.



Figur 13.1 Avhandlingens struktur

I figur 13.1 har vi gått från en ämnesdidaktisk hypotes till en undervisningssekvens genom en designprocess. Under exp3 utökade vi den formativa utvärderingen genom planeringsmöten inför varje lektion, utvärdering av varje lektion av både lärare och observatör samt elever som skrev loggböcker. Efter undervisningens slut och eftertestets genomförande har jag analyserat insamlat material med avseende på elevernas kunnsande. Detta finns redovisat i kapitel 7 – 11. I förra kapitlet redovisade och diskuterade jag den utvecklade ämnesdidaktiska hypotesen, som genererats av avhandlingens resultat.

Forskning innehållande design av undervisningssekvenser är en dynamisk process, som aldrig kan betraktas som slutgiltigt klar. Men den vidareutvecklade ämnesdidaktiska hypotes som presenteras i kapitel 12 anser jag värd att pröva genom att operationaliseras i nya undervisningssekvenser där barns, elevers eller studenters kunnsande utvärderas och hypotesen prövas. Detta möjliggör att hypotesen utvecklas vidare på väg mot en teori för evolutionsundervisning.

Zetterqvist (2003) diskuterar i sin avhandling vad 'ämnesdidaktisk kompetens' kan vara och beskriver en 'ämnesdidaktisk kunskapsbas' som består av nio olika komponenter. För att kunna utveckla undervisningssekvenser behövs det kunnsande som representeras av dessa komponenter. Vid en jämförelse mellan de aspekter som diskuteras vid design av undervisningssekvenser i denna avhandling (avsnitt 6.1) och de komponenter som ingår i

den ämnesdidaktiska kunskapsbasen framgår det att det är en stor överensstämmelse dem emellan. Det är väl vad man kan förvänta sig eftersom båda är sprungna ur samma forskningsmiljö. Det är dock ett omfattande kunnande som krävs av lärare för att utforma undervisningssekvenser. Jag är benägen att hålla med Lijnse (1995), som anser att det läggs en alldeles för stor börda på lärare och elever, men för liten på forskarna när det gäller att omsätta forskningsresultat till undervisning. För att de blivande lärarna ska ha möjlighet att utveckla denna kompetens anser jag att det krävs omfattande ämnesdidaktiska studier i lärarutbildningen. Förutom detta krävs också en omfattande lärarfortbildning och handledarutbildning. Zuzovsky (1994) ger förslag på ett ämnesdidaktiskt inslag i lärarutbildning i evolutionsbiologi:

Get student teachers to learn about the development of evolutionary thinking by analyzing their own explanations to several phenomena involving evolutionary processes and comparing them to historical, scientific explanations and to children's explanations.

Jag tror på en positiv utveckling av undervisning och lärande genom design av forskningsbaserade undervisningssekvenser. Dessa anser jag bör utvecklas genom ett aktivt samarbete mellan lärare och forskare åtminstone i inledningsskedet. Därefter får fortsatta studier visa hur de lämpligen kan överföras till andra lärare. Dessutom bör lärare stimuleras att i större utsträckning än som nu är fallet dokumentera sina egna undervisningsexperiment. Samarbete mellan lärare i Japan som beskrivs i boken 'The teaching gap' av Stigler och Hiebert (1999) visar på positiva exempel.

Flera författare har beskrivit att utveckling av undervisningssekvenser hittills inte har setts som forskning utan mer som utvecklingsarbete (Bassegy, 1981; Lijnse, 1995; Anderson & Hogan, 1999), men att detta håller på att förändras. Denna forskning ger olika typer av resultat. Utformningsfasen ger resultat i form av en forskningsbaserad undervisningssekvens. Jag betraktar alltså, som tidigare framgått i avhandlingen, själva undervisningssekvensen som ett forskningsresultat. Den utgör dock inte ett resultat förrän den prövats empiriskt ett antal gånger och resulterat i bättre kunnande hos elever eller studenter jämfört än vad som framkommit t.ex. i internationell forskning och nationella och internationella utvärderingar. Det finns stöd i litteraturen för att se den utprovade undervisningssekvensen som ett forskningsresultat (t.ex. Tiberghien, 1996; Méheut & Psillos, 2004). Utprovningsfasen ger en annan typ av forskningsresultat bland annat kan arbetet generera ämnesdidaktiska teorier för undervisning med domänspecifika aspekter.

Detta visar på den dubbla roll som ämnesdidaktisk forskning med design av undervisningssekvenser har, nämligen att ge nya teorier om undervisning

och lärande samt att medverka till att undervisningens praktik förbättras (t.ex. Méheut & Psillos, 2004; 'The Design-Based Research Collective', 2003; Cobb et al., 2003; Andersson, Bach et al., 2003). Forskningsinriktningen är relativt ny, vilket bland annat publiceringsår på de artiklar som handlar om forskningsbaserade undervisningssekvenser visar. Men själva hantverket att skapa undervisningssekvenser är inte nytt utan det är vad lärare gjort i alla år. Här finns alltså en gedigen beprövad erfarenhet, men det är osäkert om lärarna lägger stor vikt på vetenskaplig grund. Tyvärr finns ingen tradition av skriftlig offentlig dokumentation av detta designarbete. Det är därför viktigt med ett utökat forskningssamarbete mellan lärare och forskare.

13.2 Ämnesdidaktisk analysmetod – vidgad innebörd?

Den vidareutvecklade ämnesdidaktiska hypotesen som presenteras i kapitel 12 är ett forskningsresultat efter vad jag kallar en 'ämnesdidaktisk analysmetod'. Jag vill här utveckla resonemanget och diskutera vad en sådan analysmetod innebär. För att en lärare ska kunna undervisa på ett framgångsrikt sätt utifrån elevens möjligheter att lära behövs hävdar Zetterqvist (2003) en ämnesdidaktisk kompetens som beskrivs i en kunskapsbas innehållande följande nio komponenter: Ämnesteorier, teorier om lärande och kunskap, läro- och kursplaner, ramfaktorer, läromedel, elevernas förutsättningar, lärarens förutsättningar, undervisningsstrategier och utvärdering. Då det gäller forskning och att göra ämnesdidaktiska analyser för att utveckla ämnesdidaktiska teorier för undervisning krävs ett liknande och utvecklat kunnande utifrån aktuellt innehåll av den forskare som utför analyser och skapar teorier (hypoteser).

Målet med en ämnesdidaktisk analys är som beskrevs redan i kapitel 1 att få kunskap om vad som krävs för att lära sig innehållet utifrån det kunnande ett barn, en elev eller en student har i utgångsläget. Forskning har visat att elever/studenter ofta har en förförståelse av evolutionsteorin som inte överensstämmer med den vetenskapliga (för referenser se kapitel 3). Dessa alternativa idéer är vad eleven/studenten har att utgå ifrån då undervisningsinnehållet ska förstås. Det är därför oerhört viktigt att både elever och lärare är medvetna om dessa alternativa idéer. Detta för att de ska kunna göras explicita i klassrummets diskussioner. De aktuella elevernas förförståelse av evolutionsteorin undersöktes i vår studie med hjälp av ett förtest och intervjuer innan undervisning. Dessa elevutsagor analyseras utifrån medvetenhet om att alternativa idéer existerar. Analysen resulterar i att olika uppfattningar om evolution innan undervisningen beskrivs. De alternativa idéer som tidigare forskning beskrivit finns som utgångspunkt. Denna

typ av forskning bidrar med möjligheter för lärare och andra forskare att undervisa respektive forska vidare utifrån dessa.

Målet för undervisningen var att eleverna skulle lära evolutionsteorin så att den blev ett intellektuellt verktyg. För att undersöka om så blev fallet analyserades elevernas utsagor från intervjuer, smågruppsdiskussioner och den interaktiva internetuppgiften under undervisning samt prov/hemtentamen och fördröjt eftertest efter undervisningssekvensens slutförande. För att analysera dessa utsagor krävs kunnande i evolutionsteori (ämne-teori) för att avgöra om utsagorna stämmer överens med de vetenskapliga idéerna och i vilken utsträckning de kan sägas göra detta. Under analysen sker det alltså en mer eller mindre samtidig tolkning utifrån alternativa och vetenskapliga idéer om samma innehåll. En medveten reflektion av det egna kunnandet vad gäller olika idéer är nödvändig för att utveckla analysen.

Elevutsagorna i denna avhandling kategoriseras utifrån de olika idéer som jag tolkar att eleven använder i sina resonemang. De olika kategorierna representerar alternativa, vetenskapliga eller en blandning av dessa idéer. Det ingår också att vara medveten om att uttryck och termer som ofta är förknippade med alternativa idéer ibland kan användas på ett sätt som överensstämmer med de vetenskapliga idéerna. Av intresse är också hur konsistent eleverna använder olika idéer, dels om man analyserar olika uppgifter inom ett och samma test och dels i jämförelse mellan test vid olika tidpunkter. Det är dessutom intressant att jämföra mellan skriftliga test, intervjuer, gruppdiskussioner och enskilda uppgifter under undervisningen.

För att studera individuella elevers utveckling av kunnande i biologisk evolution gör jag en samlad analys av varje elevs samtliga prestationer i de olika datainsamlingarna. Elevens möjligheter att lära under den aktuella undervisningen uppmärksammas också i en sådan analys. Dessa möjligheter studerade jag genom att vara med i designen av undervisningen av undervisningssekvensen samt observera alla lektioner. Formativ utvärdering ingick. Viktiga informationskällor var elevernas loggböcker och att vi forskare utvärderade undervisningen direkt efter avslutat lektion och inför varje kommande lektion på planeringsmötena. Detta medför att jag vid analysen är medveten om vad det förväntas att eleverna ska lära sig, vad läraren undervisat om och vilka hans förutsättningar och möjligheter var, vilka uppgifter eleverna gjort, vilka läromedel eleverna studerade, vilken kursplan som gällde och vilka andra yttre möjligheter och begränsningar som fanns. Den långsiktiga behållningen av evolutionskunnandet analyserades genom att jämföra resultatet på det fördröjda eftertestet med elevernas prestationer under undervisning och på prov/hemtentamen. Utifrån analysen av elevernas utveckling av kunnandet identifierades förutsättningar, möjligheter och

hinder för lärande i evolution. Vidare analyserades hur eventuella hinder övervanns av elever och om det fanns några nyckelidéer för förståelse. Dessutom sökte jag efter kritiska punkter i undervisningen som påverkade elevernas möjligheter att lära.

Vid designen av undervisningen utgick vi från en konstruktivistisk syn på lärande därför ingick också i analysen att undersöka om elevernas utveckling av evolutionskunskande kunde överensstämma med begreppsförändringsmodellen (Posner et al., 1982).

Syftet med denna ämnesdidaktiska analysmetod är att utveckla ämnesdidaktiska teorier för undervisning av olika innehåll. De innehåller aspekter som bör ingå i undervisningen för att elever ska ha möjlighet att lära. De försöker ge ett svar på vad som krävs för att lära sig i det här fallet evolutionsteorin utifrån de förföreställningar en elev/student har.

13.3 Allmänna teorier om lärande och undervisning

Jag tycker att resultatet i denna avhandling är tecken på att undervisning som tar sin utgångspunkt i konstruktivism och begreppsförändringsmodellen (CCM) kan vara fruktbar. Detta betyder dock inte att jag anser att kulturella och sociala aspekter är oviktiga eller ointressanta. CCM har kritiserats för att inte innefatta sociala och kulturella aspekter och exempel på hur förespråkare av modellen reagerat finns i litteraturen (Strike & Posner, 1992; Pintrich et al., 1993; Pintrich, 1999; Duit & Treagust, 2003). CCM är möjlig att vidareutveckla genom att komplettera med ytterligare variabler t.ex. kulturella och sociala.

Begreppsförändringsmodellen är inte den enda möjliga modellen i ett konstruktivistiskt perspektiv. Caravita och Halldén (1994) samt Halldén (1999) diskuterar lärande utifrån att utöka repertoaren av idéer. Ett annat exempel är att bygga vidare på elevernas intuitiva uppfattningar om t.ex. ett biologiskt fenomen. Det ställer dock höga kvalitativa krav på dessa och de får inte vara oförenliga med naturvetenskapen (Turmo, 2003). Inom biologi kan jag tänka mig områden där detta skulle fungera t.ex. de mer deskriptiva delarna av biologisk morfologi och fysiologi.

När det gäller evolutionsteori är det dock inte möjligt att göra detta. Här passar användningen av begreppsförändringsmodellen. Anledningen är att så gott som samtliga barn, elever och studenter har vardagsföreställningar om livets uppkomst och utveckling, som inte är förenliga med evolutionsteorin och därför inte går att bygga vidare på. Hit får i ett naturvetenskapligt perspektiv även religiösa uppfattningar räknas. Eleverna och studenter-

na måste tänka på ett annorlunda sätt och utgå från i populationer befintlig variation som utsätts för naturligt urval och inte från uppfattningar om behov, vilja, strävan m.m.

Konstruktivismen är ett perspektiv på lärande och säger inget om hur undervisningen ska bedrivas, som sagts tidigare i avhandlingen. Olika perspektiv på lärande får dock konsekvenser för design av en undervisningssekvens. I min ämnesdidaktiska hypotes för undervisning finns flera punkter som är konsekvenser av en konstruktivistisk syn på lärande t.ex. att explicitgöra alternativa och vetenskapliga idéer om evolution, att låta eleverna diskutera undervisningsinnehållet ofta, att ge eleverna rikliga möjligheter att tillämpa evolutionsteorin i många olika kontexter.

13.4 Förförståelsens betydelse

I avhandlingen finns tecken på att förförståelsen har olika betydelse. När det gäller den långsiktiga behållningen av undervisningen som den framkommer i eftertestet verkar förförståelsen ha mindre betydelse. I de tre experimenten kunde en olika stor andel av variationen i kunnande efter undervisning förklaras av förförståelse i evolutionsteori (18 %, 1 % respektive 36 %). Det är dessutom endast i exp3 som eftertestresultatet var signifikant beroende av förförståelsen. I litteraturen har jag bara hittat ett exempel att jämföra med, nämligen Lawson och Worsnop (1992) som i sitt material fann att variationen i eftertestresultat kunde förklaras till 35 % av förförståelsen.

I intervjuerna under pågående undervisning och i renvarguppgiften finns resultat som pekar på att förförståelsen har betydelse. I intervjuerna finns flera tecken på att eleverna i exp1 kommit längre i sitt kunnande än eleverna i exp2. Detta skulle kunna bero på att eleverna i exp1 har bättre förförståelse i evolutionsteori, vilket framkommit på flera ställen i avhandlingen. I exp3 visar det sig att bland de fyra elever som i renvarguppgiften diskuterade även vargpopulationen utifrån evolutionsteorin visar tre vetenskaplig förförståelse på geparduppgiften i förtestet.

I avsnitt 11.5 diskuterar jag förförståelsens paradox, dvs. att alternativa idéer är både hinder för och förutsättning för lärande. Jag finner i min studie tecken på att det kan vara en fördel att ha fler idéer att jämföra de vetenskapliga idéerna med, samtidigt som de alternativa idéerna verkar kunna utgöra ett hinder för lärande. Med andra ord – paradoxen kvarstår. I vilket fall som helst innebär detta att det finns stöd för att explicitgöra olika idéer i klassrummet, elevernas egna, kända alternativa och vetenskapliga.

13.5 Konsistens

I litteraturen finns uppgifter om att elever och studenter sällan är konsistenta i sina svar mellan olika uppgifter (Engel Clough & Driver, 1986; Redfors & Ryder, 2001). Att elever inte är konsistenta är kanske inte så underligt om vi studerar vad som är karaktäristiskt för vardagstänkandet. Andersson (2001) och Paludan (2000) diskuterar bland annat att det är situationsbundet och lokallogiskt. Detta medför att det inte är något problem i vardagstänkandet att ha flera olika förklaringsmodeller som inte hänger ihop.

Många elever i denna studie använde vetenskapliga idéer konsistent i samtliga uppgifter på det fördröjda eftertestet. De som kategoriserades till den mest vetenskapliga kategorin VV tilläts endast ha besvarat en enda flervaluppgift (i undantagsfall två) med val av icke vetenskapligt alternativ. Med denna stränga bedömning kategoriserades hälften av elever hit (39 elever). Om man accepterar även kategorin VA där övervägande andel svar innehåller vetenskapliga idéer skulle tre fjärdedelar av eleverna (58 elever) sägas befinna sig på vetenskaplig nivå på eftertestet. Detta resultat är bra om man jämför med litteraturen.

Redfors och Ryder (2001) finner att deras universitetsstudenter inte är konsistenta i användandet av modeller vid förklaringar inom områdena interaktioner mellan metaller och elektromagnetisk strålning. De föreslår under implikationer för framtida forskning och undervisning att man bör låta elever och studenter få rikliga möjligheter att formulera förklaringar till relevanta fenomen i varierande kontexter. Detta kan vara en av anledningarna till att våra elever lyckats förhållandevis bra, eftersom de fick många varierande möjligheter att använda evolutionsteorin under pågående undervisning. Kärrqvist (1985) visade att eleverna under undervisningen blev alltmer konsistenta i användandet av de vetenskapliga idéerna. I början återföll eleverna till sina vardagsföreställningar, men mot slutet av undervisningen skedde detta alltmer sällan. Redfors och Ryder påpekar vidare att användandet av modeller i nya kontexter var en svårighet för deras studenter. Det är inte tillräckligt att undervisa om modeller i en tillrättalagd kontext och tro att studenter sedan ska använda denna i nya sammanhang. Jag håller helt med författarna om detta och min erfarenhet från undervisning säger mig att elever och studenter sällan får tillräckligt med möjligheter och tid för att ha en chans att lära sig använda naturvetenskapliga modeller och teorier. Kärrqvist använde sig av uppgifter i många olika kontexter och eleverna fick rika möjligheter att tillämpa sitt nyvunna kunnande.

Redfors och Ryder skriver att det är viktigt att i undervisningen skilja mellan teori/modell och fenomenet de förklarar. Jag anser att metaforen om

Poppers tre världar kan vara användbar i detta hänseende. Det handlar alltså om att samtidigt undervisa om naturvetenskapens karaktär. Jag är övertygad om att om man inte ger elever och studenter möjligheter att förstå detta är risken överhängande att de förlorar intresset för naturvetenskap. Teorier och modeller har skapats för att vara verktyg som hjälper oss att förstå och förklara fenomen och detta måste elever och studenter få uppleva. Hur ska de annars kunna se det sköna och vackra i naturvetenskapen?

13.6 Elevers kunnande

Jag är övertygad om att elever i många fall har ett mer utvecklat kunnande i evolutionsteori än vad de ger uttryck för i sina svar, både i skriftliga test och i intervjuer. Följande två citat som är hämtade från renvarguppgiften visar att vissa elever inte bryr sig om att ta med alla evolutionskomponenter i sina svar på uppgifterna eftersom de anser att vissa är självklara:

Elev 189: *Jag blev chockad eller nått. Det stämde ganska bra med vad jag hade sagt, jag tog i och för sig inte med snacket om gener och så, men jag anser att det är ganska självklart att barnet blir likt sin förälder.*

Elev 187: *Självklart ... så är det arvsanlagen som spelar stor betydelse. En långbent ren får en långbent avkomma ...*

Solomon (1984) resonerar om att elever kan behöva ledtrådar för att förstå att de ska besvara uppgifter med hjälp av t.ex. naturvetenskapligt kunnande. I avhandlingen finns exempel på uppgifter där eleverna troligtvis inte förstått att de ska besvara uppgiften med hjälp av evolutionsteorin. Det gäller t.ex. björnuppgiften i hemtentamen där flera elever inte använder evolutionsteorin utan berättar en saga, vilket uppgiften kan inbjuda till.

En bedömning då jag kategoriserat öppna uppgifter som antagligen gör att jag underskattar många elevers kunnande är att jag fordrar att reproduktionskomponenten ska uttryckas explicit. Elevsvar som innehåller uttrycket '*...förde sina anlag/gener vidare...*' har tolkats endast som komponenten 'arv'. Det kan diskuteras om inte också komponenten 'reproduktion' är representerad i svaret mer eller mindre implicit. Jag tror att så är fallet många gånger, men jag har trots detta beslutat mig för den hårdare bedömningen. Här följer ett exempel på när reproduktionskomponenten uttrycks explicit:

Elev 198: *Det är ogynnsamt för grott salamandrar att se. De salamandrar som haft mutationer i sina gener som inneburit dålig syn har på något sätt haft en fördel gentemot salamandrar med bra syn, och därför har de gynnats genom det naturliga urvalet. Salamandrar med dålig syn har alltså kunnat föra sina gener vidare genom att **de har haft större möjlighet att producera avkomma**. Anlag för dålig syn har blivit vanligare och vanligare bland salamandrarna. (Variation, Överlevnad, Reproduktion, Arv, Ackumulation)*

I detta exempel uttrycks skillnader i reproduktion mellan grotsalamandrar med bra och dålig syn på ett tydligt sätt. Jag anser att detta svar är kvalitativt bättre än ett där eleven resonerar om att gener/anlag förs vidare.

I avhandlingen har jag fått liknande resultat om elevers kunskande vid olika datainsamlingsmetoder, genom skriftliga test, intervjuer, smågruppsdiskussioner och en individuell interaktiv uppgift. Detta överensstämmer med resultat från Redfors och Ryder (2001), Anderson et al. (2002) och Ekborg (2002). Åsikter har framkommit i litteraturen att olika datainsamlingar skulle ge olika resultat och att intervjuer skulle ge bättre rättvisa åt individens kunskande. Detta anser jag kan variera mycket beroende på bland annat vilken åldersgrupp man undersöker. Självklart ger intervjuer mer information när man har med små barn att göra som ännu inte kan skriva. Men jag anser det troligt att skillnaderna blir mindre och mindre och när vi är på gymnasiet naturvetarprogram, högskola eller universitet som i studierna ovan, har antagligen skillnaderna blivit små, kanske rent av försumbara.

Analys av elevernas individuella utveckling av kunskande i evolutionsteori (kapitel 11) gav resultatet att kombinationen förtest – eftertest ger en förhållandevis bra bild. Endast ett fåtal elever omkategoriserades till andra förändringskategorier då jag tog hänsyn till deras samtliga prestationer och den fördjupade analysen av eftertestresultatet. Elevernas kunskande underskattas dock något då inte hänsyn tas till samtliga prestationer och detta är logiskt då eftertestet inte är betyggrundande. Jag anser dock att förtest och fördröjt eftertest ger ett fullt acceptabelt och tillförlitligt resultat, vad gäller elevernas långsiktiga behållning.

13.7 Kritisk reflektion över undervisningen i studien

Undervisningen som finns beskriven i denna avhandling resulterade i ett bra kunskande i biologisk evolution, i alla fall om man jämför med andra studier i litteraturen och med elevernas kunskande innan undervisning så som det framkom i förtestet. Men det fanns vissa begrepp som kunde ha förstås bättre: anpassning, mutation och befintlig variation.

Anpassning är ett besvärligt begrepp inom evolutionsundervisning och detta har redovisats på flera ställen i denna avhandling. Få elever i våra tre experiment nådde fram till en vetenskaplig förståelse av evolutionär anpassning. Trots att vi i litteraturen uppmärksammat att begreppet är besvärligt lyckades vi inte. Vi diskuterade inte detta begrepp tillräckligt och gav inte eleverna tillräckligt många varierande uppgifter för att de skulle ha möjlighet att ordentligt förstå den evolutionära innebörden. I min tidigare studie (Wallin 1997) tog jag beslutet att inte använda termen anpassa överhuvud-

taget. Men nu har jag ändrat inställning beroende på att eleverna i denna studie klart visade på förtestet att de associerar termen anpassa med evolution. Mitt råd för framtida evolutionsundervisning är först att bygga upp evolutionsteorin med hjälp av de fem komponenterna 'variation', 'arv', 'överlevnad', 'reproduktion' och 'ackumulation' alltså utan att använda termen anpassa. Därefter för man en diskussion om anpassning och dess olika innebörder inom biologi och inom vardagslivet samt den evolutionära innebörden. Jag rekommenderar vidare att man explicit använder anpassning som resultat efter naturligt urval. Skälet är att i vardagsföreläsningar ser man anpassning som den mekanism som leder till evolutionära förändringar och inte som resultatet efter naturligt urval. Därefter måste eleverna få rikliga möjligheter att använda begreppet i olika kontexter.

Ytterligare ett begrepp som vi enligt min mening inte riktigt lyckades med är mutation, som jag anser fick en något för hög dignitet i evolutionsdiskussionerna. Jag misstänker att eleverna betraktade mutationer mer eller mindre som makromutationer, där en mutation får stor effekt. Många elevers testsvar tyder på detta. Elev 190 hade redan på förtestet vetenskapliga idéer och utgick där från befintlig variation. På eftertestet svarar han mer utförligt och resonerar utifrån en mutation.

Elev 190: De snabbaste geparderna var de som klarade att skaffa mat, på så sätt var det de som överlevde bäst. Deras avkommor fick på så sätt gener som gjorde att de kunde löpa fort. Och efter en lång tid så var alla geparder snabba eftersom de var de som överlevde. (Exp3, förtest)

Elev 190: Att kunna springa fort gör det lättare att överleva då det är lättare att fånga föda. Om någon av geparderna fått en mutation som kanske gett den en muskulatur vilken gör det möjligt att springa fortare kommer denne att få det lättare och överleva och kommer att sprida mer avkomma. Denna avkomma ärver då gener för att springa fortare och kommer då också att ha kunna springa fortare och ha lättare att fånga byten och därmed överleva. På så sätt kommer de att sprida mer avkomma då de lever längre. Efter en tid kommer då alla geparder att kunna springa fortare. Då kanske det inträffar en mutation som gör att någon kan springa ännu fortare. Då kommer denne att överleva bäst och kunna sprida mest avkomma. Resultatet har då blivit att de idag kan springa så fort som de gör. (Exp3, eftertest)

Dessutom förstärks detta synsätt av formuleringar i vissa av våra egna testuppgifter exempelvis flervalssuppgiften om variationens uppkomst:

Levande varelser uppvisar en mängd olika egenskaper. Hur har denna enorma variation uppkommit?

Det mest korrekta svarsalternativet lyder:

Det har skett slumpvisa förändringar av organismernas arvs massa

Den genetiska variation som finns inom de allra flesta populationer av olika organismer och på vilken det naturliga urvalet verkar är befintlig variation.

Denna har vi ärvt genom evolutionen och ny har tillkommit genom bland annat mutationer. En ytterligare källa till variationens storlek utgörs av att de allra flesta egenskaper påverkas av en mängd olika gener, som gör att det naturliga urvalet när det är riktat verkar på en mängd olika gener samtidigt. Variationen bibehålls också på grund av att miljöförändringar som förändrar urvalstrycket och genom att vi bland annat har fenomen som stabiliserande urval.

Litteraturen visar att elever och studenter har liten erfarenhet av och litet kunnande om inomartsvariation, vilket tidigare redovisats i avhandlingen. Greene (1990) skiljer på om studenterna i evolutionssammanhang resonerar om variation i en enda egenskap eller om den totala inomartsvariationen. Det förra kallar han funktionell förståelse och det har jag i denna avhandling accepterat som vetenskaplig idé. Anledningen till detta är att evolutionsteori har visat sig besvärligt att förstå och använda för att förklara och förutsäga biologiska fenomen och innebär ett helt annorlunda sätt att tänka än vardagstänkandet. Att då överhuvudtaget ha kommit in på vetenskapligt tänkande låt vara utifrån variation i en enda egenskap anser jag vara ett så pass stort steg att man kan acceptera detta.

13.8 Implikationer för undervisning och forskning

Inför framtiden rekommenderar jag alltså att större vikt läggs vid den befintliga variationen. Studier av variation inom populationer är ett undervisningsinnehåll som med fördel kan startas med mycket unga elever. Att erfara variation anser jag vara av stort värde. Detta kan dessutom diskuteras i förhållande till likhet.

Ett ytterligare bidrag till undervisningen är att förändra genetikundervisningen så att polygent arv diskuteras i mycket större utsträckning än idag. Jag menar inte att man ska utesluta exempel på monogen nedärvning, men den bör inte vara norm. Faran med detta är bland annat att undervisningen bidrar till den genetiska determinism som verkar vara utbredd i samhällsdebatten. Detta diskuteras bland annat av Thomas (2000). Detta leder fram till den forskningsfråga som Smith et al. (1995) vill ha besvarad:

We would like to see educational research that addresses the following question: Do students whose genetics instruction emphasizes quantitative variation in populations have better understanding of natural selection than do those whose genetics instruction is more traditional?

Skolans framtida undervisning har jag förstås idéer om. Läraren är den helt avgörande personen för att eleverna ska ha möjlighet att lära. Om jag nu håller mig till naturvetenskap så inser man hur omöjligt det är för varje elev

att på egen hand lära sig all den naturvetenskap som våra kursplaner föreskriver. Varje liten lag, modell eller teori tog åtminstone en mans- eller kvinnoålder att formulera. I detta perspektiv blir det absurt att tro att våra elever skulle klara detta. Vi måste göra skolan mer teoretisk! Eleverna ska få tillgång till naturvetenskapens modeller och teorier och lära sig använda dessa. Det ger tankeekonomi eftersom en teori kan användas för att förklara flera fenomen. Men naturvetenskap kräver ett annat sätt att tänka än vardagstänkandet och detta måste vi hjälpa våra elever med. Naturvetenskapens karaktär kan tidigt ingå som ett undervisningsinnehåll. Förutom naturvetenskap ska elever erövra kunnande inom många andra områden och utifrån detta skapa sig sin helhetsbild av världen. Jag anser att vi från början i skolan skulle införa ämnet filosofi så att våra barn, elever och studenter får hjälp att utveckla sitt sätt att tänka och reflektera. Min övertygelse är att redan unga personer skulle uppskatta detta.

Ämnesdidaktisk forskning och också denna avhandling har sin utgångspunkt i kvalitativa studier men jag håller med Lijnse (1995) om att de senare kan leda till mer kvantitativa studier. Jag anser att det i framtiden är önskvärt att vi också gör större studier som gör det möjligt att dra generella slutsatser. Tiden är nog inte mogen för detta ännu, vi får inte glömma att vårt vetenskapsområde är ungt. De metoder som vi behöver för att studera undervisning och kunnande i variabla miljöer har vi inte utvecklat ännu. Jag är övertygad om att vi skulle kunna få hjälp i denna utveckling genom att studera biologiska populationsstudier, inom vilka man har vana att hantera stor variation.

Forskning med de båda målen att formulera och pröva teorier om undervisning samt att förbättra undervisningspraxis i ett och samma projekt ser jag som lovande. Jag anser att forskningen måste förse lärarna med forskningsbaserade undervisningssekvenser om forskningsresultat ska ha möjlighet att nå undervisningen och eleverna. Med att förse menar jag inte att det bara är forskarna som är aktiva utan att detta med fördel kan och kanske bör ske i samarbete med verksamma lärare.

13.10 Avhandlingens forskningsfrågor och nya frågor

I kapitel 5 formulerade jag avhandlingens frågeställningar:

1. Hur kan en undervisningssekvens i evolutionsteori som bygger på vetenskaplig grund och beprövad erfarenhet se ut?

2. Hur ser elevernas kunskande i evolutionsteori ut innan, under och efter undervisning med avseende på naturvetenskapliga begrepp och på konsistensen i användandet av teorin?
3. Hur kan elevernas successiva utveckling av kunskande i evolutions-teori beskrivas?
4. Hur ser en ämnesdidaktisk teori (hypotes) för undervisning i biologisk evolution ut?

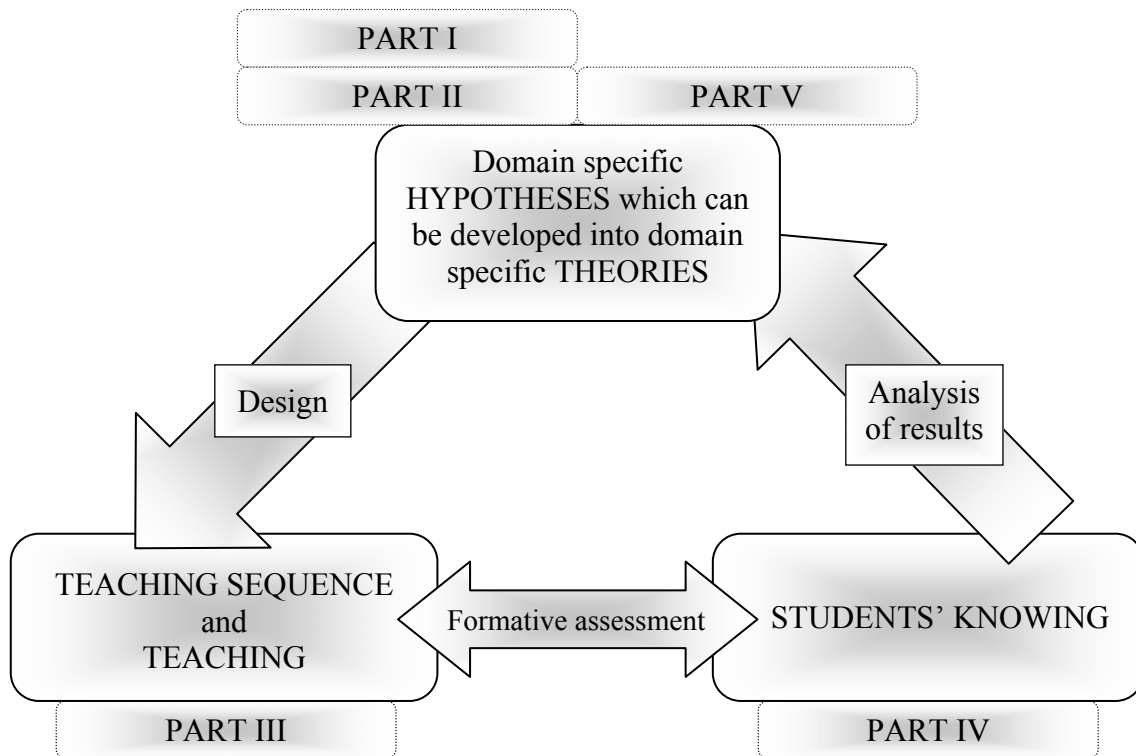
Första frågan behandlas i kapitel 6 där den undervisningssekvens som avhandlingen bygger på presenteras. Den är ett resultat av forskningen och har prövats i en cyklisk designprocess.

Andra frågan tas upp i kapitlen 7, 8, 9 och 10, tredje i kapitel 11 och fjärde i kapitel 12. Fjärde frågan har resulterat i ett utkast till en ämnesdidaktisk teori för undervisning som jag hoppas kommer att prövas i nya designexperiment.

En avhandling ger inte endast svar på frågor den väcker också nya. Jag vill nu ge några exempel på frågor som jag tycker vore intressant att forska vidare på.

- Vilka är de kritiska punkterna i en undervisningssekvens, vilka är avgörande för elevernas förståelse?
- Vilken betydelse har förförståelsen för elevens lärande? Förförståelsens paradox!
- Innebär tillgång på många olika alternativa idéer att det är lättare att lära de vetenskapliga idéerna inom ett område?
- Medför en undervisning som explicitgör olika idéer om ett fenomen både alternativa och vetenskapliga bättre kunskande (lärande)?
- Vilka är de avgörande hindren för lärande av t.ex. evolutionsteorin och hur övervinns dessa?

ENGLISH SUMMARY



INTRODUCTION

The overall purpose of this thesis is to study how upper secondary school students (grade 10-12) develop an understanding of evolutionary biology as a result of teaching. Taking students' preconceptions as the starting point a teaching sequence is designed with the aim that students shall learn the theory of evolution by natural selection in such a way that it becomes an intellectual tool. In other words they shall be able to describe, understand, explain, and partly predict biological phenomena from an evolutionary point of view.

The students' reasoning in different tests was carefully analysed having preconceptions, the conceptual structure of the theory of evolution, and the aims of teaching in mind. This gave insights into those learning and teaching demands that constitutes challenges to students as well as to teachers, when beginning to learn, or to teach evolutionary biology. The combined results from these analyses are summarized in a domain specific hypothesis for teaching.

PART I: THEORETICAL BACKGROUND

This part starts with a description of the theoretical framework for learning taken in this thesis, followed by a section about different ideas about evolution, both the students' preconceptions about evolutionary phenomena and the scientific idea. It ends up with the topic 'design of teaching sequences in science'.

Theoretical framework

The theoretical framework is constructivist and builds on Piaget's genetic epistemology as presented in Furth (1969). Karmiloff-Smith (1992) worked together with Piaget and claims that later research has shown that human beings are born with even more developed structures for learning than Piaget claimed. Accordingly, before any formal education starts, children have constructed personal understanding about several phenomena in the world. A point of departure for learning is in the individual's genes and this characteristic has developed and adapted in prevailing environments though the history of the species. In the whole, the genes and the environment are prerequisite for the expression of any trait of an individual.

Research on teaching and learning science has, for some decades, been dominated by investigations on students' conceptions, first on the content level and later also on meta-levels, e.g. conceptions of learning and of the

nature of science. The studies on alternative conceptions have to a large extent been focused on individual learning. In this perspective the 'conceptual change model' for learning was developed (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982). However, the classical conceptual change model has been criticised for paying too little attention to e.g. social influences and affective and motivational aspects of learning (Pintrich, Marx & Boyle, 1993; Pintrich, 1999; Duit & Treagust, 2003) and for positing conceptual *exchange*, rather than other possibilities (Caravita & Halldén, 1994; Helldén & Solomon, in press). As a response to this criticism there has been a development for merging individual and sociocultural perspectives on science learning and teaching (Strike & Posner, 1992; Hewson, Beeth & Thorley, 1998; Duit & Treagust, 2003). Duit and Treagust address the criticism about conceptual exchange as follows:

... It should be remembered that a replaced conception is not forgotten and the learner may wholly or partly reinstate it at a later date. (p. 676)

Most of the evidence from this study indicated that conceptual change which meets the criteria of dissatisfaction, intelligibility, plausibility and fruitfulness is not necessarily an exchange of conceptions for another but rather an increased use of the kind of conception that makes better sense to the student. (p. 677)

Scientific knowledge consists of abstract ideas that are socially agreed upon. The scientific ideas do not correspond directly to the phenomena as such. Rather, they are concepts, models, and theories that are good enough to describe, understand, explain, and make predictions about these phenomena (Millar, 1989; Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). These concepts, models, and theories can sometimes seem simple, but have been constructed through hard intellectual work. However, looking at science as socially constructed and agreed doesn't imply relativism. Scientific knowledge is restricted by the characteristics of the world and has an empirical base. Lijnse (2000) expresses this in a wise manner:

...In spite of all the conceptual relativism that is so fashionable nowadays, I still look at physics as a body of largely reliable knowledge with which one can successfully explain and predict, as well as develop new technology. Above all it is a field in which we now know considerably more than, say, 30 years ago – that is, in which real progress seems to be possible. (p. 309)

Ideas about evolution

I will focus on different ideas about evolution, the students' preconceptions and the scientific concepts. The gap between preconceptions and scientific ideas constitutes both learning and teaching demands, which is a challenge to students as well as teachers, when beginning to learn, or to teach, a specific content.

Students' alternative ideas

Children have ideas about evolution before any formal education (Deadman & Kelly, 1978; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985a). These ideas are not consistent, in most cases, with biological knowledge and I call them 'alternative'. Several studies have shown that students' understandings have not improved much even after relevant teaching (e.g. Halldén, 1988; Bishop & Anderson, 1990; Bizzo, 1994; Demastres, Settlage & Good, 1995). Bishop and Anderson noticed that most students have a conception of evolution as a process in which all individuals in a species adapt to the environment through gradual changes.

Common among alternative ideas is the opinion that the process of evolution is need-driven (e.g. Engel Clough & Wood-Robinson, 1985a; Bishop & Anderson, 1990; Settlage, 1994; Demastes, Good & Peebles, 1995). If one does not notice intraspecific variation the students often use needs in their reasoning (Greene, 1990). Several students use adaptation as the driving force in the process of evolution (e.g. Brumby, 1984; Halldén, 1988; Bishop & Anderson, 1990; Settlage, 1994; Baalman & Kattman, 2001). Other alternative ideas are that evolutionary changes occur as a result of the use or non-use of an organ, a structure or whatever (e.g. Brumby, 1984; Bishop & Anderson, 1990; Settlage, 1994; Ferrari & Chi, 1998), or the inheritance of acquired characteristics (e.g. Kargbo, Hobbs & Erickson, 1980; Engel Clough & Wood-Robinson, 1985b; Bishop & Anderson, 1990; Wood-Robinson, 1994; Ramorogo & Wood-Robinson, 1995; Thomas, 2000).

Scientific ideas

Evolutionary theory is nowadays generally considered to be a cornerstone in the science of biology, and it provides a unifying framework for biological knowledge. This makes the theory of evolution necessary for a sound understanding of biology and implies that it should be a central part of biology education. As several studies have shown, many students have problems with understanding it. A major reason for these problems might be that its principles may seem counter-intuitive; both in relation to the students' own experiences of biological phenomena and to the everyday language used to explain such phenomena. Another reason might be that this theory explains the development of life itself and interacts with people's worldview.

The theory of evolution can rather easily be described by using three concepts: existing variation, heritage, and natural selection. If the individuals in a population show variation in some characteristics, which are geneti-

cally determined and hereditary, some individuals will be more successful in surviving and reproducing than others. This will result in changes in the composition of the population. The process is called *natural selection*. If the processes result in changes, which are consistent over time, then evolution will be the consequence.

The learning and teaching demands

Most students have alternative ideas about evolution, whether they have been taught the subject or not. The difference between the students' alternative ideas, and scientific ideas, forms the basis for the challenge of teaching. This is one of the main focuses of my interest. The students and the teacher have a common challenge for learning and teaching. Leach and Scott (2002) describe this as 'learning demand':

The concept of 'learning demand' offers a way of appraising the differences between the social language of school science and the everyday social language which learners brings to the classroom. The purpose of identifying learning demand is to bring into shaper focus the intellectual challenges facing learners as they address a particular aspect of school science; teaching can be designed to focus on those learning demands.

I will conclude this thesis with a domain specific hypothesis for teaching evolutionary biology. I suggest that it constitutes one way of meeting the learning and teaching demands.

Design of teaching sequences

The process of designing teaching results in itself in a research-based teaching sequence (e.g. Tiberghien, 1996; Méheut & Psillos, 2004). As such, its usefulness is empirically testable and comparable with, for example, research literature or findings from national and international assessments. The detailed analysis of students' knowing gives another type of results, which may help in generating domain specific hypotheses for teaching.

Today there is growing evidence that the implementation of research-informed teaching will enhance students' learning (Leach & Scott, 2002). Design research has the potential to fill the gap between theoretical research on teaching and learning, and the practice of teaching (e.g. Lijnse, 1995; Hiebert, Gallimore & Stigler, 2002; 'The Design-Based Research Collective', 2003). Research can contribute to filling this gap at three levels (Andersson, Bach, Hagman, Olander & Wallin, 2003):

1. Making general recommendations.
2. Generating domain specific theories.
3. Producing teacher guides, built upon these domain specific theories.

PART II: AIMS AND DATA COLLECTIONS

As mentioned in the introduction, this thesis has two comprehensive aims: to develop a domain specific hypothesis for teaching evolutionary biology, and to design a teaching sequence. In this way, the thesis develops in two directions that many authors have proposed, namely creating general teaching hypotheses and improving the practice of science teaching (Bassey, 1981; Brown, 1992; Lijnse, 1995; Hiebert et al., 2002; 'The Design-Based Research Collective', 2003; Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003; Andersson, Bach et al., 2003; Méheut & Psillos, 2004). The following questions are addressed:

- How can a research-based teaching sequence be characterised?
- How can students' knowing about the theory of evolution be characterised before, during, and after teaching, in terms of content of ideas and in consistency of use of ideas?
- How can the development of student's understanding of evolution, as a result of teaching, be characterised?
- How can a domain specific hypothesis for teaching about biological evolution be characterised?

Table 1. An overview of data collections from the three experiments (exp1, exp2 and exp3) and the number of students participating.

Data collection	Exp1	Exp2	Exp3
<i>Before teaching</i>			
Pre-test	43 students	23 students	24 students
Interviews about the origin of variation and about natural selection		12 and 10 students respectively	
<i>The teaching sequence starts</i>			
The teaching is observed	No	Yes	Yes
Interviews about the origin of variation and about natural selection	12 and 35 students respectively	10 and 12 students respectively	
Small-group discussions about natural selection			18 students
Individual database-driven internet problem			18 students
Post-test performed in school (exp1 and exp3) or at home (exp2)	46 students	22 students	18 students
<i>The teaching sequence ends</i>			
Delayed post-test	47 students	20 students	18 students

Data collections

Table 1 gives an overview of the data samples, which form the basis of findings reported in the thesis. The data were collected in three different experiments (exp1, exp2, and exp3). This was done between February 1999 and January 2002. The three experiments were differently designed by taking into account experiences gained during the study. In that way the study can be seen as a cyclic process with design of teaching, evaluation of teaching and students' learning, followed by a new design and so on during three cycles. The experiments were performed in two different upper secondary schools, and with two different teachers. The students were between 17 and 19 years old during the study. The teaching sequence was a part of the obligatory course in biology in the science programme.

PART III: TEACHING SEQUENCE AND TEACHING

In this part I address the question: 'How can a research-based teaching sequence be characterised?'

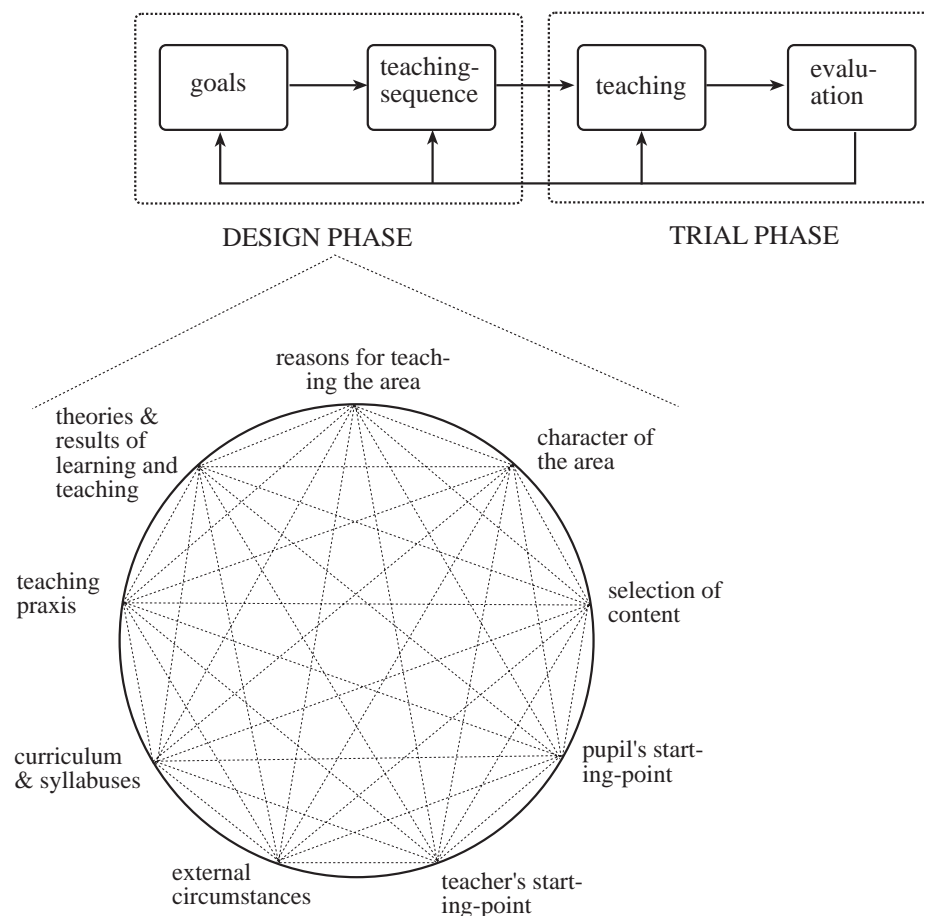


Figure 1. Design of teaching. The different aspects which are taken into consideration and which interact are given at the periphery of the circle.

Figure 1 illustrates the whole process (Andersson, Bach et al, 2003). The overall goal of students' learning was unchanged during the three experiments, and in focus was the theory of evolution. This theory is what the students are expected to learn in a manner that it becomes an intellectual tool, applicable across a range of different contexts.

The design phase gives rise to a teaching sequence (table 2). In our case it consists of nine lessons of variable length, one occasion for a test, one for responses to that test, and finally an evaluation of the whole sequence. All together these nine lessons constitute a cohesive unit taking about 13 hours. The teaching is evaluated in different ways. The experiences of the students and an observer were investigated in conjunction with the result of the students' learning, their knowing about the theory of evolution, and the development of this knowing.

Lesson	Short description	Duration (minutes)
1	Historical perspective on ideas about evolution (lecture) Basic genetics; DNA, inheritance and mutations (lecture) Origin of variation (group discussion)	120
2	Time; analogies (lecture) Timeline in the schools corridor (student activity)	80
3	Common descent, speciation, extinction (lecture) Origin of life (group discussion and computer activity) The giraffe's long neck (group discussion)	90
4	Role play with historical texts (student activity) Peppered moth (lecture) Natural selection game (student activity)	80
5	Nature of science: especially belief and science (lecture) Main strands of the theory of evolution (lecture) Chance: Yatzzy (student activity) and "the eye" (lecture) Co-evolution (lecture and group discussion)	80
6	Levels of organisation, example: sickle cell anaemia (lecture) Antibiotics resistance (group discussion), Reindeers' legs (computer activity)	90
7	Evidence for evolution (lecture) Fossil reconstruction (student activity)	80
8	Speciation: allopatric and sympatric (lecture) Speciation of salamanders, <i>Ensatina</i> (student activity)	90
9	Significance of animal behaviour for survival and reproductive success: Fitness, animal behaviour and sexual selection (lecture) On which level of organisation does evolution work? (group discussion)	80

The teacher has a central and important role in this teaching sequence. He/she not only has to create a classroom atmosphere that is open and

friendly and invites the students to express and discuss various ideas, but also to introduce and support scientific ideas in the classroom. Special effort was made to show the students that all contributions were taken seriously. Much of the authority to decide what ideas are counted as valid was handed over to the students, who were allowed to decide this for themselves on the basis of the explanatory power of the ideas. All discussions, both in the whole class as well as in groups, had specific aims and structured frames regarding time, number of students and material. The teacher is very important in developing opportunities for students to learn (Viennot & Raison, 1999; Leach & Scott, 2002).

PART IV: STUDENTS' KNOWING

Written tests – pre-test, post-test performed at school or at home and delayed post-test – have been used to study the students' knowing and the development from the pre-test until the delayed post-test made approximately one year after teaching. Further, the students' knowing in biological evolution was investigated through structured individual interviews, structured small group discussions, and through a database-driven Internet problem. Two specific questions were addressed in this part: 'How can students' knowing about the theory of evolution be characterised before, during, and after teaching, in terms of content of ideas and in consistency of use of ideas?' and 'How can the development of student's understanding of evolution, as a result of teaching, be characterised?'

Categorization of students' reasoning

Students' reasoning was categorized and ranked. Their answers to the open-ended problems were firstly divided into two main groups:

- A. Alternative ideas about evolution
- V. Scientific ideas about evolution (the Swedish word corresponding to scientific is 'Vetenskaplig')

A. Answers with alternative ideas were classified into categories, based on the students' reasoning:

- | | |
|---|-------------------|
| • vague reasoning about development, evolution, or adaptation | vague development |
| • need-driven evolution | need |
| • organs which aren't used will disappear | not use |
| • learned and acquired characters evolve | learning |
| • other | other |

V. Answers with scientific ideas were classified according to the following five components:

- individual variation 'variation'
- differential survival rate 'survival'
- differential reproduction rate 'reproduction'
- genetically determined heritability 'heredity'
- accumulation of changes 'accumulation'

Each of these answers was ranked between 1 and 8. Rank 1 is no answer whatsoever. The ranking is shown in table 3.

Table 3. Ranking of the answers to open-ended problems in the pre-test, post-test and delayed post-test.

Components/ideas	Category	Rank
Variation Survival Reproduction Heredity Accumulation	Scientific IV	8
Variation Survival + additional 2 components	Scientific III	7
Variation Survival + additional 1 component	Scientific II	6
Variation Survival	Scientific I	5
Alternative ideas about evolution + additional component or scientific term	Alternative II	4
Alternative ideas about evolution	Alternative I	3
Don't know/ irrelevant	Don't know/ irrelevant	2
No answer	No answer	1

Examples of results from written tests

Results are presented from a multiple-choice problem and an open-ended problem that were both used in pretest and delayed post-test. A comparison is made between the students' performance in open-ended problems in pre-test, post-test, and delayed post-test. This section will end with results concerning how consistent the students are in using alternative and scientific ideas in pre-test and delayed post-test.

The 'existing variation' problem

This multiple-choice problem about 'existing variation' is included both in the pre-test and the delayed post-test:

A number of mosquito populations are today resistant to DDT (a chemical used to kill insects), so that DDT treatment now is less effective than it used to be. Biologists believe that the DDT resistance evolved because:

1	<i>Individual mosquitoes developed resistance to DDT after being exposed to it.</i>
2	<i>The mosquito populations needed to be resistant to DDT in order to survive.</i>
3	<i>A few mosquitoes were probably resistant to DDT before it was ever used.</i>
4	<i>The mosquito populations became resistant by chance.</i>

In figure 3, students' choices of the multiple alternatives are shown. As no significant⁵⁰ differences exist between the experiments, data are pooled. On the other hand, the students' choices differ significantly⁵¹ between the pre-test and the delayed post-test. No significant⁵² differences exist between males and females. The numbers of students who choose the scientific alternative 'existing variation' increase from 13 to 46.

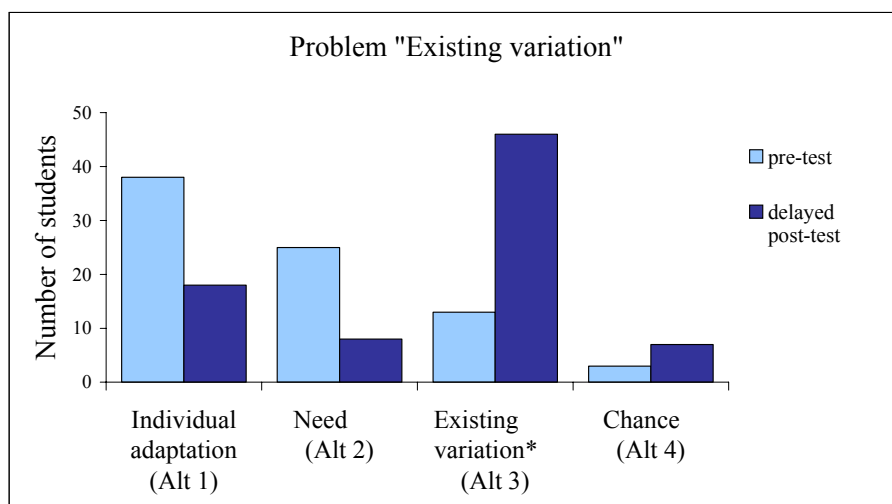


Figure 3. Number of students choosing different alternatives in pre-test and delayed post-test (n=79)

The 'cheetah' problem

This problem is open-ended and is included both in the pre-test and delayed post-test, and has been used in many investigations (Bishop & Anderson, 1990; Bizzo, 1994; Settlage, 1994; Demastes, Settlage et al., 1995; Jensen & Finley, 1995):

Cheetahs are able to run fast, around 100 km/h when chasing prey. How would a biologist explain how the ability to run fast evolved in cheetahs, assuming their ancestors could only run 30 km/h?

⁵⁰ Chi2-test; 2*2 table; pre-test p(exp1 vs exp2)=0,283; p(exp1 vs exp3)=0,735; 2*4 table p(exp2 vs exp3)=0,421; delayed post-test p(exp1 vs exp2)=0,457; 2*2 table p(exp1 vs exp3)=0,592; p(exp2 vs exp3)=0,095

⁵¹ Chi2-test; 2*4 table; p<<0,001**

⁵² Chi2-test; 2*4 table; p(pre-test)=0,361; p(delayed post-test)=0,566

The results, from the third experiment (exp3), are shown in table 4. Students with equal results in pre-test and delayed post-test appear on the diagonal. There is one student who has the same rank in both tests. The other students (17 out of 18), whose results are above the diagonal, show a higher rank in the delayed post-test compared to the pre-test. No student ends up below the diagonal.

Table 4. The number of students in the third experiment (exp3) distributed over the different ranks of the 'cheetah' problem in pre-test and delayed post-test (n=18).

Exp3		Pre-test									
Delayed post-test	rank	1	2	3	4	5	6	7	8	Σ	
	8			1		2		2			5
	7			5	2			1			8
	6			2							2
	5			1							1
	4										
	3	1		1							2
	2										
	1										
Σ		1		10	2	2	1	2		18	

Open-ended problems

The students got a task, similar to the cheetah problem in the post-test, at the very end of the teaching sequence. A comparison among the three groups' performance on open-ended tasks is shown in figure 4. This is presented as group mean ranks in pre-test, post-test, and delayed post-test. In the pre-test the mean ranks differ significantly⁵³ between the experiments, but not in the post-test⁵⁴ and in the delayed post-test⁵⁵. There are no significant⁵⁶ gender effects in the tests. The mean ranks in the post-test are significantly⁵⁷ higher than in the pre-test for all three experiments (figure 4). Only for the group in exp1 there is a significantly⁵⁸ lower mean rank in the delayed post-test compared to the post-test.

⁵³ Kruskal-Wallis one-way test; p(pre-test)=0,004**

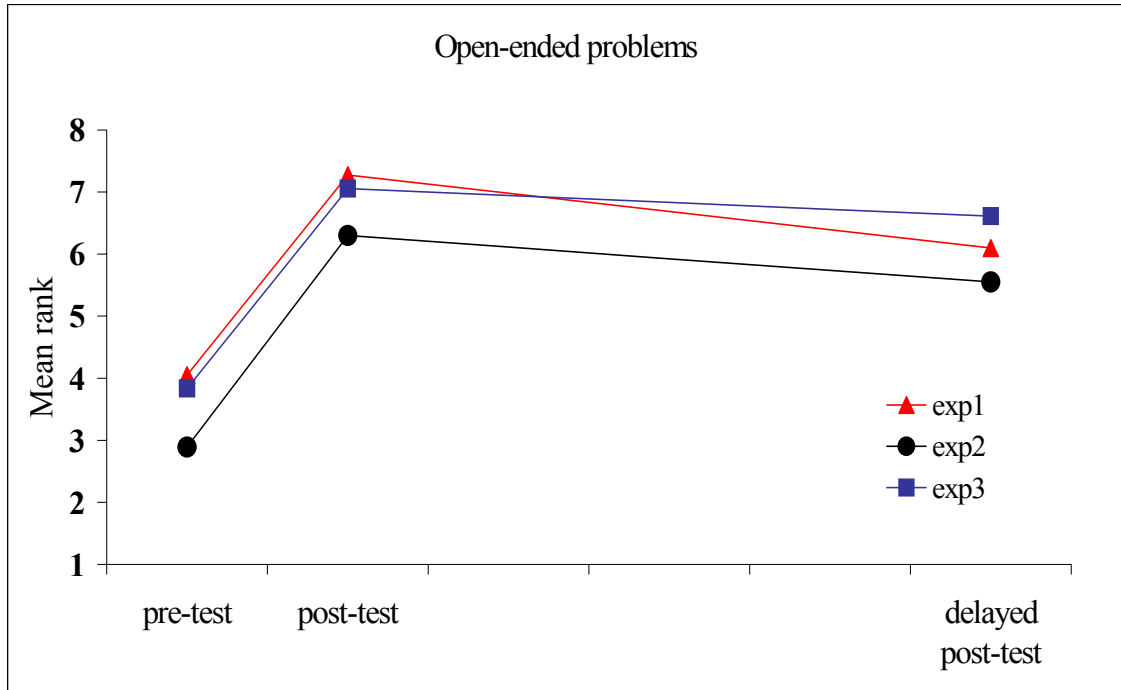
⁵⁴ Kruskal-Wallis one-way test; p(post-test)=0,080

⁵⁵ Kruskal-Wallis one-way test; p(delayed post-test)=0,051

⁵⁶ Kruskal-Wallis one-way test; p(pre-test)=0,263; p(post-test)=0,348; p(delayed post-test)=0,609

⁵⁷ Wilcoxon's matched-pairs signed-ranks test; p<<0,001***

⁵⁸ Wilcoxon's matched-pairs signed-ranks test; p(exp1)<<0,001***; p(exp2)=0,096; p(exp3)=0,117



Figur 4. Comparison of group mean ranks of the open-ended problems between pre-test, post-test, and delayed post-test.

Consistency of use of ideas in pre-test and delayed post-test

All answers in the pre-test and delayed post-test are analysed according to their consistency in the use of alternative or scientific ideas. Each answer, out of seven (pre-test) or eight (delayed post-test) possible, is categorized as either alternative (A) or scientific (V). In accordance to this, four categories are created for the whole pre-test and delayed post-test, respectively:

- AA: the test result is consistently alternative and includes no more than one answer with scientific ideas.
- AV: the test result has two to three answers with scientific ideas.
- VA: the test result has four to six answers with scientific ideas.
- VV: the test result is consistently scientific and includes at least seven answers with scientific ideas.

The results of this categorization are shown in table 5. The students, whose pre-test and delayed post-test results have the same category of consistency, end up in the diagonal. These students (23 %) have not evolved their knowing in the theory of evolution, as represented by a higher frequency of scientific answers. Below the diagonal, one student is found having a better performance in the pre-test compared to the delayed post-test. The vast majority of the students, 76 % (60 students), perform better in the delayed post-test.

Table 5. Change in students' consistency in alternative and scientific way of answering in the pre-test and delayed post-test (n=79).

		Pre-test				
Delayed post-test		AA	AV	VA	VV	Σ
	VV	20	3	7	4	34
	VA	13	7	3	1	24
	AV	10	7			17
	AA	4				4
	Σ	47	17	10	5	79

Individual development of knowing about evolution

The students' development is described from pre-test and interviews before teaching, through the teaching sequence and until the delayed post-test. During teaching students in exp1 and exp2 were interviewed. The students in exp3 performed small-group discussions and were answering an individual database-driven Internet problem. The students' overall performance, taken together, shows the different preconceptions with which the students entered the teaching sequence, and their knowing about evolution during and after teaching. In table 5 results from pre- and delayed post-test exclusively are considered. Taking the students' results from all data collections into consideration motivates some change of table 5. The net result is that the delayed post-test VV-sum changes from 34 to 39, and the delayed post-test VA-sum from 24 to 19.

Many students enter the teaching sequence with alternative ideas about evolution that are not in agreement with the scientific ones. They see evolution as a gradual process where every member of the population adapts to the environment. They consider adaptation as the driving force that is regulated by, for instance need, strive or purpose. From this starting point, the majority of the students reach a scientific level and increase their scientific understanding of the theory of evolution, but some students do not.

In the analyses, some possible obstacles for understanding the theory of evolution are identified:

- lack of acceptance of chance events
- religious belief
- learning a 'standard' answer
- alternative ideas

Discussion

The proportion of students answering the 'cheetah' problem with exclusively scientific ideas increased between pre-test and delayed post-test from 27 %, 0 %, and 28 % in the three experiments to 78 %, 75 %, and 89 % respectively. This latter result can be considered good for different reasons: the delayed post-test is performed one year after teaching; the students know that their result doesn't affect their grade in biology; and the results are good in comparison with other studies in the literature. This 'cheetah' problem has been used in many investigations as described before. Bishop and Anderson (1990) find an increase of scientific answers to this problem from 25 % to 50 % between pre- and post-test. Demastes, Settlage and Good (1995) repeat the study of Bishop and Anderson, but their students are less successful in giving scientific answers. Bizzo (1994) uses this problem with students between 15 and 17 years old after they have been taught evolution, and 28 % of the students' answers include chance and selection. Jensen and Finley (1995) use similar problems with university students' and report an increase of scientific answers from 23 % in the pre-test to 45 % in a delayed post-test administered after 2 weeks. There are few examples of good long-term retention in the literature. One is a study by Jiménez-Aleixandre (1992), who performed a delayed post-test one year after teaching. In her experimental group on average 60 % of the 14-year-old students answered the problems scientifically.

In the category VA the students' answers are predominantly scientific and can together with the students in the VV category be considered having scientific reasoning (table 5). This means that almost three quarters of the students answer scientifically, or 58 students out of 79. The majority of the students have alternative ideas about evolution before teaching (category AA and AV, 64 students out of 79, table 5). Several students do not accept random processes before teaching, which they told us through the pre-test or in the interviews. These students find it absurd that the diversity and the complexity of life is the result of such a process. In the interviews during teaching, as in the post-test and the delayed post-test, almost every student accepts random mutations. In the teaching sequence we took note of the recommendation from Bishop and Anderson (1990) and explicitly divided evolutionary process into two: the origin of variation and natural selection. To make a point of the fact that not the entire evolutionary process is a random process seems to be one of the reasons for the success of our students in understanding and applying the theory of evolution.

In the open-ended problems it becomes obvious that if a student is reasoning about existing variation in a population he/she also uses differences in

survival rate among individuals. The reasoning about existing variation is not always well developed and sometimes more or less implicit, but to be aware of the existence of variation in a given characteristic among the individuals seems to be a key idea for scientific reasoning about evolution. Several authors write that their students in both secondary school and in universities don't give attention to intraspecific variation (e.g. Deadman & Kelly, 1978; Brumby, 1984; Bishop & Anderson, 1990; Greene, 1990; Demastes, Settlage & Good, 1995). Intraspecific variation is troublesome also after teaching, as shown by Jensen and Finley (1995) and Smith, Siegel and McInerney (1995). This points out the importance of discussing intraspecific variation within populations in detail during a teaching sequence. Zetterqvist (2003) interviewed 26 experienced teachers (grade 7 to 9) about their teaching of evolution. She asked the teachers to describe the different aspects of evolution that they include, and only two of these teachers talked spontaneously about variation within populations. Then, answering a direct question, the majority said that they taught about variation, and six of these teachers mention that they used variation in connection with natural selection.

The results from the written tests are confirmed in the analyses of individual interviews and small group discussions. The following joint results emerge from the different analyses:

- all students do not accept random processes before teaching
- existing variation is a key idea for understanding the theory of evolution
- several students do not realize the importance of reproductive rate for characters to evolve
- many students use 'need' without meaning that the process of evolution is need-driven
- the evolutionary meaning of adaptation is difficult
- many students use the same alternative ideas
- the students interpret the problems on different levels of biological organisation

Many authors give attention to students' inexperience with intraspecific variation, as discussed earlier, but do not directly point out its general importance. I see the existing variation as the key idea for scientific understanding of the theory of evolution. Through existing variation the students seem to be able to reason scientifically. This is a consistent result from analyses of open-ended problems in the written tests, from interviews, from small group discussions, and from the database-driven Internet problem. In the interviews about natural selection, in the group discussions, and in the Internet problem the students were shown the existing variation explicitly

and all students or groups of students do reason about differential survival rates among individuals. All students who write about existing variation in the test problems also give attention to differences in survival rates.

The combined results from the analyses of the three experiments can be summarized in a domain specific hypothesis for teaching evolutionary biology.

PART V: DOMAIN SPECIFIC HYPOTHESIS

I have used the results above to formulate a hypothesis, which can be tested in new design experiments, and if it will withstand future tests it can be developed into a domain specific theory for teaching evolutionary biology. Before we designed the teaching in each of the three experiments, we formulated a hypothesis, although we did not use this term at that time. By performing exp1 and exp2 the early hypothesis was tested. We used the results to reformulate it before teaching in exp3. It was then tested and further developed through the results and analyses in this thesis. I now consider this a more comprehensive, testable hypothesis. In this hypothesis I bring up aspects from this thesis, other research, and insights I have found important for understanding biological evolution in general and the theory of evolution in particular. The intention is to specify conditions that facilitate learning with understanding, in this case evolution. Understanding this theory means being able to use the theory to describe, understand, explain, and partly predict biological phenomena. In this part, the last research question will be addressed: 'How can a domain specific hypothesis for teaching about biological evolution be characterised?'

A more comprehensive hypothesis for teaching biological evolution

The present hypothesis for teaching biological evolution has three different aspects:

1. Content specific aspects
2. Aspects concerning the nature of science
3. General aspects

Every field of science has its own, unique content specific aspects. The aspects concerning the nature of science are more or less common for all teaching in the natural sciences. The general aspects may also be valid for teaching subjects other than the natural sciences.

If the following aspects are considered in teaching, the students' opportunity to learn and understand the theory of evolution and its consequences will be improved:

A. Content specific aspects

1. The teaching takes a starting point in evolution as a scientific historical fact, the origin of life is discussed, and evolutionary time is concretized.
2. The theory of evolution is divided into two processes, the origin of variation and natural selection.
3. It is emphasized that only the first of these is a random process and not natural selection.
4. Common alternative ideas about biological evolution, such as the idea about need-driven adaptation of all individuals in a species to the environment, become in a suitable manner part of the teaching content.
5. The theory of evolution is studied through introduction, discussion, and application of five central components: 'variation', 'heredity', 'survival', 'reproduction' and 'accumulation'.
 - Existing variation is discussed in detail and as much genetics are included as needed to get an idea about how similarities and differences appear.
 - Differences in survival and in reproduction among the individuals in the population are discussed, and how these differences are related to natural selection.
 - The adaptation of specific traits through accumulation is discussed.
6. The awareness about existing variation of inheritable characters is a necessary key idea for going on to natural selection and by that create an alternative to ideas about evolution being caused by needs, strives, wishes, and so on.
7. Different levels of biological organisation are expressed explicitly in evolutionary reasoning.
8. The theory of evolution through natural selection is used to explain the development of life, biological diversity, sexual selection, co-evolution, speciation, behavioural ecology, ethology and so on.

B. Aspects concerning the nature of science

1. The nature of science is made explicit (hypothetical in nature, can be used to explain and predict, can be tested in experiments and by observations, can not be verified to the extent of being absolutely true, gives a consistent understanding of many phenomena and so on).
2. The differences between science and faith are discussed. Especially in teaching evolution: Science has nothing to say about the existence of God or His actions and therefore does not have to be an immediate threat against religious beliefs. This insight can contribute to solve

the problem that religious beliefs can obstruct the learning of evolutionary theory.

3. The students are invited to take part in the way science explains phenomena in the world, in this case the origin of life and how the species have evolved and is evolving. Great respect is shown the students who have alternative ideas about this subject.

C. General aspects

1. The teacher looks upon himself/herself as an active representative of the science culture, who introduces concepts, gives scientific explanations, and arranges situations for applications of these concepts.
2. The teacher is well informed about common alternative ideas in the content area and their significance for teaching. Teachers are aware of these ideas through the whole teaching sequence. He/she is paying attention to and is interested in the students' alternative ideas, both well known as well as new ones.
3. The teacher creates an allowing classroom climate so the students feel free to share their ideas and thoughts in a positive way. It is these ideas that are met and scrutinized in discussions, rather than the students or the students and the teachers.
4. Time and care is given to the basic concepts in the actual topic.
5. Extensive time is used to discuss and solve concrete problems, which make the students familiar in using the taught content.
6. Deep learning is stimulated. Signs of this are for example that the students:
 - 'toss and turn' the new information (transformation instead of memorising)
 - ask questions and throwing out suggestions
 - connect new and existing knowing
 - use what has been learned as a tool to see ones world in a new way
 - discuss the new knowing with mates and others
 - engage in challenges (e.g. problem solving)
7. Formative assessment is used by both students and teachers with the aim of improving learning and teaching in a variable manner.
8. The teacher does not assume that the student is motivated but acts to create interest and motivation.

REFERENSER

- AAAS. American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy. Project 2061*. New York: Oxford University Press.
- AAAS. American Association for the Advancement of Science (1990). *Science for all americans. Project 2061*. New York: Oxford University Press.
- AAAS. American Association for the Advancement of Science (2003). Hemsidan tillgänglig [20031118] på <http://www.aaas.org/>
- Adawi, T. (2002). *From branes to brains: On M-theory and understanding thermodynamics*. (Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 2). Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis.
- Aikenhead, G. (2000). Renegotiating the culture of school science. In Miller, R., Leach, J., & Osborne, J. (Eds.), *Improving science education - the contribution of research* (pp. 245-264). Buckingham: Open University Press.
- Albaladejo, C., & Lucas, A. M. (1988). Pupils' meanings for 'mutation'. *Journal of Biological Education*, 22(3), 215-219.
- Alles, D. L. (2001). Using evolution as the framework for teaching biology. *The American Biology Teacher*, 63(1), 20-23.
- Anderson, C. W., & Hogan, K. (1999). Editorial and call for papers: Design in Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 975-976.
- Anderson, D. L., Fisher, K. M., & Norman, G. J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of research in science teaching*, 39(10), 952-978.
- Anderson, R. D., & Helms, J. V. (2001). The ideal of standards and the reality of schools: Needed research. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(1), 3-16.
- Andersson, B. (2000a). *Om ämnesdidaktikens natur, kultur och värdegrund*. Opubliserat manuskript, Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik.
- Andersson, B. (2000b). National evaluation for improvement of science teaching. In Miller, R., Leach, J., & Osborne, J. (Eds.), *Improving science education - the contribution of research* (pp. 62-78). Buckingham: Open University Press.
- Andersson, B. (2001). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap. Forskningsresultat som ger nya idéer*. Stockholm: Liber.

- Andersson, B., & Bach, F. (1996). Developing new teaching sequences in science: The example of 'gases and their properties'. In Welford, G., Osborne, J., & Scott, P. (Eds.), *Research in Science Education in Europe* (pp. 7-21). London: The Falmer Press.
- Andersson, B., Bach, F., Frändberg, B., Hagman, M., Jansson, I., Kärrqvist, C., et al. (2003). *Att förstå naturen - från vardag till biologi; fyra workshops*. (Vol. 2). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik.
- Andersson, B., Bach, F., Frändberg, B., Jansson, I., Kärrqvist, C., Nyberg, E., et al. (2003a). *Att förstå och använda naturvetenskapen; sju workshops*. (Vol. 1). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik.
- Andersson, B., Bach, F., Frändberg, B., Jansson, I., Kärrqvist, C., Nyberg, E., et al. (2003b). *Att förstå naturen - från vardag till fysik; sex workshops*. (Vol. 3). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik.
- Andersson, B., Bach, F., Frändberg, B., Jansson, I., Kärrqvist, C., Nyberg, E., et al. (2003c). *Att förstå naturen - från vardag till kemi; sex workshops*. (Vol. 4). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik.
- Andersson, B., Bach, F., Hagman, M., Olander, C., & Wallin, A. (2003). *Discussing a rationale for the design of teaching sequences*. Paper presented at the Fourth ESERA Conference, Noordwijkerhout, The Netherlands.
- Andersson, B., Bach, F., & Zetterqvist, A. (1996). *Nationell utvärdering 95 - Energi i natur och samhälle*. Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Emanuelsson, J., & Zetterqvist, A. (1993). *Nationell utvärdering 92 - Vad kan eleverna om ekologi och människokroppen?* Mölndal: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Kärrqvist, C., Löfstedt, A., Oscarsson, V., & Wallin, A. (1999). *Utvärdering av skolan 1998 avseende läroplanens mål (US98). Tema tillståndet i världen*. Stockholm: Skolverket: Liber distribution.
- Asimov, I. (1981, June 14). The 'threat' of creationism. *The New York Times Magazine*, 1-4.
- Baalmann, W., Frerichs, V., & Illner, R. (1998). Educational reconstruction - examples in the fields of genetics and evolution. In Bayrhuber, H., & Brinkman, F. (Eds.), *What - Why - How?* (pp. 273-282). Kiel: IPN.
- Baalmann, W., & Kattmann, U. (2001). Towards a better understanding of genetics and evolution - research in students' conceptions leads to a re-arrangement of teaching biology. In García-Rodeja Gayoso, I.,

- Díaz de Bustamante, J., Harms, U., & Jiménez Aleixandre, M.P. *Proceedings from III Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)* (pp. 13-25) Spain: Universidade de Santiago de Compostela.
- Bach, F. (2001). *Om ljuset i tillvaron. Ett undervisningsexperiment inom optik.* (Göteborg Studies in Educational Sciences 162). Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Bassey, M. (1981). Pedagogic Research: on the relative merits of search for generalisation and study of single events. *Oxford Review of Education*, 7(1), 73-94.
- Bateson, G. (1972). *Steps to an ecology of mind.* New York: Ballantine Books.
- Bereiter, C. (2002). *Education and mind in the knowledge age.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1986). Evolution by natural selection: a teaching module. *Occasional paper No 91.*
- Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of research in science teaching*, 27(5), 415-427.
- Bizzo, N. m. V. (1994). From down house landlord to Brazilian high school students: What has happend to evolutionary knowledge on the way? *Journal of research in science teaching*, 31(5), 537-556.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*, 5(1), 7-73.
- Bowden, J., & Marton, F. (1998). *The university of learning. Beyond quality and competence in higher education.* London: Kogan Page.
- Brem, S. K., Ranney, M., & Schindel, J. (2003). Perceived consequences of evolution: College students perceive negative personal and social impact in evolutionary theory. *Science Education*, 87(2), 181-206.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challanges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Brumby, M. N. (1981). The use of problem-solving in meaningful learning in biology. *Research in Science Education*, 11, 103-110.
- Brumby, M. N. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68(4), 493-503.
- BSCS. (1992). *Biological science. An ecological approach.* Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Caravita, S., & Halldén, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 89-111.
- Chalmers, A. F. (1994). *Vad är vetenskap egentligen? Om väsen och status hos vetenskapen och dess metoder.* Nora: Bokförlaget Nya Doxa.

- Chi, M. T. H. (1997). Creativity: shifting across ontological categories flexibly. In Ward, T. B., Smith, S.M. & Vaid, J. (Eds.), *Creative Thought: An Investigation of Conceptual Structures and Processes* (pp. 209-234). Washington DC: American Psychological Association.
- Claesson, S. (2002). *Spår av teorier i praktiken. Några skolexempel*. Lund: Studentlitteratur.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Cobern, W. W. (1994). Point: Belief, understanding, and the teaching of evolution. *Journal of research in science teaching*, 31(5), 583-590.
- Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263 - 272.
- Crooks, T. J. (1988). The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of Educational Research*, 58, 438-481.
- Cummins, C. L., Demastes, S. S., & Hafner, M. S. (1994). Evolution: Biological education's under-researched unifying theme. *Journal of research in science teaching*, 31(5), 445-448.
- Dagher, Z., & BouJaoude, S. (1997). Scientific views and religious beliefs of college students: The case of biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(5), 429-445.
- Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Hemsidan tillgänglig [2004-01-17] på <http://www.literature.org/authors/darwin-charles/the-origin-of-species/>
- Deadman, J. A., & Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12(1), 7-15.
- Demastes, S. S., Good, R., & Peebles, P. (1995). Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, 79(6), 637-666.
- Demastes, S. S., Good, R., & Peebles, P. (1996). Patterns of conceptual change in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(4), 407-431.
- Demastes, S. S., Settlage, J., & Good, R. (1995). Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: Cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 535-550.
- the Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.

- DeVore, I., Goethals, G. W., & Trivers, R. L. (1974). *Exploring human nature. Unit 1: Origins of human behavior*. Cambridge, Massachusetts: Education Development Center.
- Dodick, J., & Orion, N. (2003). Cognitive factors affecting student understanding of geologic time. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 415-442.
- Downie, J. R., & Barron, N. J. (2000). Evolution and religion: attitudes of Scottish first year biology and medical students to the teaching of evolutionary biology. *Journal of Biological Education*, 34(3), 139-146.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in science education. In Schnotz, W., Vosniadou, S., & Carretero, M. (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 263-282). Oxford, UK: Pergamon.
- Duit, R. (2000). *A model of educational reconstruction as a framework for designing and validating teaching and learning sequences*. Paper presented at the The International Symposium 'Designing and Validating Teaching-Learning Sequences in a Research Perspective', Paris.
- Duit, R. (2001). Educational Reconstruction: Science subject matter and educational issues in harmony - Research and development intimately linked. In Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E., & Kallery, M. (Eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society, Vol. 2* (pp. 227-229). Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki.
- Duit, R. (2004). *Bibliography – STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education*, Hemsidan tillgänglig [2004-04-23] på <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Dunbar, R. (1995). *The trouble with science*. London: Faber and faber.
- Ekborg, M. (2002). *Naturvetenskaplig utbildning för hållbar utveckling? En longitudinell studie av hur studenter på grundskolläroprogrammet utvecklar för miljöundervisning relevanta kunskaper i naturkunskap*. (Göteborg Studies in Educational Sciences 188). Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- EKNA. (1979-1989). *Elevtänkande och Kurskrav i högstadiets NATurvetenskapliga undervisning*, Hemsidan tillgänglig [2003-12-29] på <http://na-serv.did.gu.se/nadpub/epersp.html>

- 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 in Educational Sciences 168). Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Engel Clough, E., & Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, 70(4), 473-496.
- Engel Clough, E., & Wood-Robinson, C. (1985a). How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 19(2), 125-130.
- Engel Clough, E., & Wood-Robinson, C. (1985b). Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19(4), 304-310.
- Erickson, G. (2000). Research programmes and the student science learning literature. In Miller, R., Leach, J., & Osborne, J. (Eds.), *Improving science education - the contribution of research* (pp. 271-292). Buckingham: Open University Press.
- Fagerström, T. (1995). *Den skapande evolutionen. Om vad evolutionsteorin innebär - och inte innebär.* Lund: ScUP Scandinavian University Press.
- Falconer, D. S. (1981). *Introduction to quantitative genetics.* London: Longman.
- Ferrari, M., & Chi, M. T. H. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1231-1256.
- Furth, H. G. (1969). *Piaget and knowledge theoretical foundations.* New Jersey: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- Good, R., Trowbridge, J., Demastes, S., Wandersee, J., Hafner, M., & Cummins, C. (1992). *Proceedings of the 1992 Evolution Education Research Conference.* Baton Rouge: Louisiana State University.
- Greene, E. D. (1990). The logic of university students' misunderstanding of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(9), 875-885.
- Gropengiesser, H. (1998). What language reveals about our conceptions - A case study on seeing. In Komorek, M., Behrendt, H., Dahncke, H., Duit, R., Graeber, W., & Kross, A. (Eds.), *Research in Science Education - Past, Present, and Future Vol.1* (pp. 140-142). Kiel: IPN Kiel.
- Grose, E. C., & Simpson, R. D. (1982). Attitudes of introductory college biology students toward evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(1), 15-24.
- Gustafsson, J.-E., & Myrberg, E. (2002). *Ekonomiska resursers betydelse för pedagogiska resultat - en kunskapsöversikt.* Stockholm: Liber.

- Gustavsson, B. (2000). *Kunskapsfilosofi: Tre kunskapsformer i historisk belysning*. Stockholm: Wahlström & Widstrand.
- Hagman, M., Olander, C., & Wallin, A. (2001). Teaching and learning about the biological evolution: A preliminary teaching learning sequence. In Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E., & Kallery, M. (Eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society, Vol. 1* (pp. 230-232). Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki.
- Hagman, M., Olander, C., & Wallin, A. (2003). Research-based teaching about biological evolution. In Lewis, J., Margo, A., & Simonneaux, L. (Eds.) *Biology education for the real world. Student - Teacher – Citizen. Proceedings of the IV Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)* (pp. 105-119) Toulouse – France: Ecole national de formation agronomique.
- Halldén, O. (1988). The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 10(5), 541-552.
- Halldén, O. (1999). Conceptual change and contextualization. In Schnotz, W., Vosniadou, S., & Carretero, M. (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 53-66). Oxford, UK: Pergamon.
- Helldén, G., & Solomon, J. (in press). The persistence of personal and social themes in context: Long and short term studies of students' scientific ideas. *Science Education*.
- Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3(4), 383-396.
- Hewson, P. W., Beeth, M. E., & Thorley, N. R. (1998). Teaching for conceptual change. In Fraser, B. J. & Tobin, K. G (Eds.) *International handbook of science education*, 199-218.
- Hewson, P. W., & Lemberger, J. (2000). Status as the hallmark of conceptual learning. In Miller, R., Leach, J., & Osborne, J. (Eds.), *Improving science education - the contribution of research* (pp. 110-125). Buckingham: Open University Press.
- Hiebert, J., Gallimore, R., & Stigler, J.W. (2002). A Knowledge Base for the Teaching Profession: What Would It Look Like and How Can We Get One? *Educational Researcher*, 31(5), 3-15.
- Husén, T. (1994). *Nationalencyklopedien*, Hemsidan tillgänglig [2004-01-16] på http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=281118&i_word=pedagogik.
- Jensen, M. S., & Finley, F. N. (1995). Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79(2), 147-166.

- Jensen, M. S., & Finley, F. N. (1996). Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of research in science teaching*, 33(8), 879-900.
- Jimenez-Aleixandre, M. P. (1992). Thinking about theories or thinking with theories?: a classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education*, 14(1), 51-61.
- Jimenez-Aleixandre, M. P. (1994). Teaching evolution and natural selection: A look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 519-535.
- Jungwirth, E. (1975). 'Preconceived adaption and inverted evolution' - A case of distorted concept-formation in high school biology. *The Australian Science Teachers Journal*, 21(2), 95-100.
- Kansanen, P. (1999). The *Deutsche Didaktik* and the American research on teaching. *TNTEE Publications*, 2(1), 21-35.
- Kargbo, D. B., Hobbs, E. D., & Erickson, G. L. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14(2), 137-146.
- Karlsson, J., Krigsman, T., Molander, B-O., & Wickman, P-O. (1994). *Biologi 1 med naturkunskap för gymnasieskolan*. Stockholm: Liber Utbildning.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity. A developmental perspective on cognitive science*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Kattmann, U., Duit, R., & Gropengiesser, H. (1998). The model of educational reconstruction - bringing together issues of scientific clarification and students' conceptions. In Bayrhuber, H., & Brinkman, F. (Eds.), *What - Why - How? Research in Didaktik of Biology* (pp. 253-262). Kiel: IPN - Materialien.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengiesser, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen fuer naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift fuer Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3-18.
- Keown, D. (1988). Teaching evolution. *The American Biology Teacher*, 50(7), 407-410.
- Klaassen, C. W. J. M., & Lijnse, P. L. (1996). Interpreting students' and teachers' discourse in science classes: An underestimated problem? *Journal of Research in Science Teaching*, 33(2), 115-134.
- Knippels, M. C. P. J., Waarlo, A. J., & Boersma, K. Th. (2001). The 'yo-yo strategy' for learning and teaching genetics in upper-secondary biology education. In Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E., & Kallery, M. (Eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society, Vol. 2* (pp. 477-479). Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki.

- Knippels, M.-C. P. J. (2002). *Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education. The yo-yo learning and teaching strategy*. Doktorsavhandling, Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Kroksmark, T. (1989). *Didaktiska strövtåg. Didaktiska idéer från Comenius till fenomenografisk didaktik*. Göteborg: Daidalos.
- Kuhn, T. S. (1992). *De vetenskapliga revolutionernas struktur*. Stockholm: Thales.
- Kvale, S. (1997). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund: Studentlitteratur.
- Kärrqvist, C. (1985). *Kunskapsutveckling genom experimentcentrerade dialoger i ellära*. (Göteborg Studies in Educational Sciences 52). Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh - the embodied mind and its challenge to western thought*. New York: Basic Books.
- Landström, J. (1995). '... djur kan ju inte bildas ur tomma intet'. Elever skriver om djurens evolution. I B. Andersson (Ed.) *Forskning om naturvetenskaplig undervisning*. NA-SPEKTRUM nr 15 (pp. 83-104). Mölndal: Göteboegs universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Landström, J. (1999). Evolutionen bara en teori ...? Hur blivande lärare i baturvetenskap uppfattar begreppen naturlag och teori samt hur de bedömer utsagor om evolutionsteorin och bibelns skapelseberättelse. I L. Aho, & J. Viiri (Eds.) *Undervisning i naturvetenskap ur kultur-, teknologi- och miljöperspektiv* (pp.249-260) Joensuu: Joensuu universitet.
- Larsson, S. (1994). Om kvalitetskriterier i kvalitativa studier. I B. Starrin & P-G Svensson (Eds.) *Kvalitativ metod och vetenskapsteori*. (pp. 163-189) Lund: Studentlitteratur.
- Lawson, A. E., & Thompson, L. D. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 733-746.
- Lawson, A. E., & Weser, J. (1990). The rejection of nonscientific beliefs about life: Effects of instruction and reasoning skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(6), 589-606.
- Lawson, A. E., & Worsnop, W. A. (1992). Learning about evolution and rejecting a belief in special creation: Effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 143-166.
- Leach, J., & Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education*, 38, 115-142.

- Leach, J., & Scott, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science & Education*, 12(1), 91-113.
- Lemke, J. L. (1993). *Talking Science. Language, Learning, and Values*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Lijnse, P. L. (1995). 'Development research' as a way to an empirically based 'didactical structure' of science. *Science Education*, 79(2), 189-199.
- Lijnse, P. (2000). Didactics of science: the forgotten dimension in science education research? In Miller, R., Leach, J., & Osborne, J. (Eds.), *Improving science education - the contribution of research* (pp. 308-326). Buckingham: Open University Press.
- Lijnse, P. (2003). *Reflections on a problem posing approach*. Paper presented at the Fourth ESERA Conference, Noordwijkerhout, The Netherlands.
- Linder, C. J. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, 77(3), 293-300.
- Maret, T. J., & Rissing, S. W. (1998). Exploring genetic drift & natural selection through a simulation activity. *The American Biology Teacher*, 60(9), 681-683.
- Marton, F., & Booth, S. (2000). *Om lärande*. Lund: Studentlitteratur.
- Marton, F., & Morris, P. (2002). What matters? In Marton, F., & Morris P. (Eds.), *What Matters? Discovering critical conditions of classroom learning* (Vol. 181, pp. 133-143). Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Mayr, E. (1997). *This is Biology. The Science of the Living World*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Meadows, L., Doster, E., & Jackson, D. F. (2000). Managing the conflict between evolution & religion. *The American Biology Teacher*, 62(2), 102-107.
- Méheut, M. (2000). *Teaching-learning sequences and research: A dual perspective*. Paper presented at the The International Symposium 'Designing and Validating Teaching-Learning Sequences in a Research Perspective', Paris.
- Méheut, M. (2001). Two aspects of the relations between research and development. In Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E., & Kallery, M. (Eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society, Vol. 1* (pp. 239-241). Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki.
- Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.

- Millar, R. (1989). Constructive criticisms. *International Journal of Science Education*, 11, 587-596.
- Moore, R. (1998a). Creationism in the United States. I: Banning evolution from the classroom. *The American Biology Teacher*, 60(7), 486-507.
- Moore, R. (1998b). Creationism in the United States. II: The aftermath of the Scopes trial. *The American Biology Teacher*, 60(8), 568-577.
- Moore, R. (1998c). Creationism in the United States. III: The ban on the teaching of evolution reaches the U.S. supreme court. *The American Biology Teacher*, 60(9), 650-661.
- Moore, R. (1999a). Creationism in the United States. IV: The aftermath of Epperson v. Arkansas. *The American Biology Teacher*, 61(1), 10-16.
- Moore, R. (1999b). Creationism in the United States. V: The McLean decision destroys the concept of 'creation science'. *The American Biology Teacher*, 61(2), 92-101.
- Moore, R. (1999c). Creationism in the United States. VI: Demanding balanced treatment. *The American Biology Teacher*, 61(3), 175-180.
- Moore, R. (1999d). Creationism in the United States. VII: The lingering impact of inheritance. *The American Biology Teacher*, 61(4), 246-250.
- Moore, R. (1999e). Creationism in the United States. VIII: The lingering threat. Evolutionary biology continues to face opposition, while creationism increases in popularity. *The American Biology Teacher*, 61(5), 330-340.
- Mortimer, E. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), 267-285.
- NAS. National Academy of Science. (1998). *Teaching about evolution and the nature of science*. Washington, DC: National Academy Press.
- Naturhistoriska museet och Utbildningsförvaltningen. (2004) *Historien om livet på jorden*. Hemsidan tillgänglig [2004-02-11] på <http://www.gnm.se/evolution/index.htm>
- Ogborn, J. (1997). Constructivist metaphors of learning science. *Science & Education*, 6(1-2), 121-133.
- Olander, C. (2003). *Hur uppstår biologisk variation? En studie av gymnasieelevers uppfattningar och hur de utvecklas genom undervisning*. (IPD-rapport (NA-spektrum nr 23) Nr. 2003:10), Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik.
- Olander, C., Hagman, M., & Wallin, A. (2001). Teaching and learning about biological evolution: A research based teaching-learning sequence. In Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselves, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E., & Kallery, M. (Eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society, Vol. 2* (pp. 576-578). Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki.

- Paludan, K. (2000). *Videnskapen verden og vi. Om naturvidenskab og hverdagstænkning*. Århus: Aarhus Universitetsforlag.
- Passmore, C., & Stewart, J. (2002). A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 185-204.
- Pedersen, S. (1992). *Om elevers förståelse av naturvetenskapliga förklaringar och biologiska sammanhang* (Vol. 31). Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Pedersen, S., & Halldén, O. (1994). Intuitive ideas and scientific explanations as parts of students' developing understanding of biology: The case of evolution. *European Journal of Psychology of Education*, IX(1), 127-137.
- Pintrich, P. R. (1999). Motivational beliefs as resources for and constraints on conceptual change. In Schnotz, W., Vosniadou, S., & Carretero, M. (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 33-50). Oxford, UK: Pergamon.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Popper, K. R. (1972). *Objektive knowledge. An evolutionary approach*. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Ramorogo, G., & Wood-Robinson, C. (1995). Batswana children's understanding of biological inheritance. *Journal of Biological Education*, 29(1), 60-71.
- Redfors, A., & Ryder, J. (2001). University physics students' use of models in explanations of phenomena involving interactions between metals and electromagnetic radiation. *International Journal of Science Education*, 23(12), 1283-1301.
- Renström, L., Andersson, B., & Marton, F. (1990). Students' Conceptions of Matter. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 555-569.
- Reuterberg, S-E. (1996). *Pedagogiska mätningar: Skolor – reliabilitet – validitet*. Mölndal: Institutionen för pedagogik.
- Ridley, M. (1996). *Evolution*. Abingdon, England: Blackwell Science.
- Rudolph, J. L., & Stewart, J. (1998). Evolution and the nature of science: On the historical discord and its implications for education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1069-1090.
- Runesson, U., & Marton, F. (2002). The object of learning and the space variation. In Marton, F., & Morris, P. (Eds.), *What matters? Discov-*

- ering critical conditions of classroom learning* (Vol. 181, pp. 19-37). Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Sanders, M. (1993). Erroneous ideas about respiration: The teacher factor. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 919-934.
- Schoultz, J. (2000). *Att samtala om/i naturvetenskap*. Doktorsavhandling, Linköping: Linköpings universitet.
- Seel, H. (1999). Didaktik as the professional science of teachers. *TNTEE Publications*, 2(1), 85-93.
- Settlage, J. (1994). Conceptions of natural selection: A snapshot of the sense-making process. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 449-457.
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27(2), 4-13.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 451-462.
- Siegel, S. (1956). *Nonparametric statistics for the behavioural sciences*. Kogakusha: McGraw-Hill.
- Sinclair, A., Pendarvis, M. P., & Baldwin, B. (1997). The relationship between college zoology students' beliefs about evolutionary theory and religion. *Journal of Research and Development in education* 30:2, 118-125, 30(2), 118-125.
- Sjøberg, S. (1996). Science education research in Europe: Some reflections for the future association. In Welford, G., Osborne, J., & Scott, P. (Eds.), *Research in Science Education in Europe* (pp. 399-404). London: The Falmer Press.
- Sjøberg, S. (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning - en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.
- Skolverket. (1999). Kursplaner 1999/2000. Hemsidan tillgänglig [2003-12-30] på <http://www.skolverket.se/>
- Skolverket. (2000). Kursplaner 1999/2000. Hemsidan tillgänglig [2003-12-30] på <http://www.skolverket.se/>
- Skolverket. (2003). KURSINFO 2003/2004. Hemsidan tillgänglig [2003-12-30] på <http://www.skolverket.se/>
- Smith, M. U. (1994). Counterpoint: Belief, understanding, and the teaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 591-597.
- Smith, M. U., Siegel, H., & McInerney, J. D. (1995). Foundational issues in evolution education. *Science & Education*, 4, 23-46.
- Snedecor, G. W., & Cochran, W. G. (1967). *Statistical methods*. Iowa: The Iowa State University Press Ames.
- Solomon, J. (1983). Learning about energy: How pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, 5(1), 49-59.

- Solomon, J. (1984). Prompts, cues and discrimination: the utilization of two separate knowledge systems. *European Journal of Science Education*, 6(3), 277-284.
- Stavy, R., Tirosh, D., & Tsamir, P. (2000). *Teaching sequences based on the intuitive rules theory*. Paper presented at the Designing and evaluating teaching sequences, University of Paris VII Denis Diderot.
- Stigler, J. W., & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap*. New York: Free Press.
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In Duschl, R.A.; Hamilton, R.: *Philosophy of science, cognitive science, and educational theory and practice (working title)*. Albany, 147-176.
- Säljö, R. (1999). Concepts, cognition and discourse: From mental structures to discursive tools. In Carretero, M. (Ed.), *New Perspectives on Conceptual Change*. Oxford: Pergamon.
- Säljö, R. (2000). *Lärande i praktiken. Ett sociokulturellt perspektiv*. Stockholm: Prisma.
- Tamir, P., & Zohar, A. (1991). Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Science Education*, 15, 57-68.
- Thomas, J. (2000). Learning about genes and evolution through formal and informal education. *Studies in Science Education*, 35, 59-92.
- Tiberghien, A. (1996). Construction of prototypical situations in teaching the concepts of energy. In Welford, G., Osborne, J., & Scott, P. (Eds.), *Research in Science Education in Europe* (pp. 100-114). London: The Falmer Press.
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In Miller, R., Leach, J., & Osborne, J. (Eds.), *Improving science education - the contribution of research* (pp. 27-47). Buckingham: Open University Press.
- Turmo, A. (2003). *Naturfagdidaktikk og internasjonale studier*. Doktorsavhandling, Oslo: Universitetet i Oslo.
- Wallin, A. (1988). The genetics of foraging behaviour: Artificial selection for food choice of the fruitfly, *Drosophila melanogaster*. *Animal Behaviour*, 36, 106-114.
- Wallin, A. (1994). *The Genetics of Foraging Behaviour: Artificial Selection for Food Choice of the Fruitfly, Drosophila melanogaster*. Licentiatavhandling, Göteborg: Göteborgs universitet.
- Wallin, A. (1997). *Evolution: En undervisningssekvens i åk 8 - 9*. Opubliserad Examensuppgift i Na-didaktikkurserna I och II., Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik.
- Wallin, A., & Andersson B. (2000). RenVarguppgiften Hemsidan tillgänglig [20031229] på <http://na-serv.did.gu.se/evolution/ren1.html>

- Wallin, A., Hagman, M., & Olander, C. (2001a). Teaching and learning about the biological evolution: Conceptual understanding before, during and after teaching. In García-Rodeja Gayoso, I., Díaz de Bustamante, J., Harms, U., & Jiménez Aleixandre, M.P. *Proceedings from III Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)* (pp. 127-139) Spain: Universidade de Santiago de Compostela.
- Wallin, A., Hagman, M., & Olander, C. (2001b). Teaching and learning about the biological evolution: Comparing individual interviews and small group discussions for investigating students' conceptual understanding. In Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E., & Kallery, M. (Eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society, Vol. 2* (pp. 689-691). Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki.
- Wallin, A., Sjöbeck, M.-L., & Wernersson, I. (2000). *Motivation och mening i naturorienterande undervisning. En intervjustudie med elever i grundskolans årskurs 8 och delvis 9.* (IPD-rapport 2000:06). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik.
- Verhoeff, R. P. (2003). *Towards systems thinking in cell biology education.* Doktorsavhandling, Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Viennot, I. (2001). Relating research in didactics and actual teaching practice: Impact and virtues of critical details. In Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E., & Kallery, M. (Eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society, Vol. 1* (pp. 22-26). Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki.
- Viennot, L., & Rainson, S. (1999). Design and evaluation of a research-based teaching sequence: The superposition of electric field. *International Journal of Science Education, 21*(1), 1-16.
- Windahl, G. (2003). *Hjärnans roll vid inläring?* Opublicerat föreläsningsmanuskript. Föreläsning vid Göteborgs Universitet 2003-01-31.
- Wolpert, L. (1992). *The unnatural nature of science.* London: Faber and faber.
- Wood-Robinson, C. (1994). Young people's ideas about inheritance and evolution. *Studies in Science Education 24*, 29-47.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and language.* London: The MIT Press.
- Zetterqvist, A. (1995). De kan ju inte bara helt plötsligt börja växa – elever skriver om växters evolution. I Andersson, B. (Ed.) *Forskning om naturvetenskaplig undervisning. NA-SPEKTRUM nr 15* (pp 63-82). Mölndal: Göteborgs universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.

REFERENSER

- Zetterqvist, A. (2003). *Ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi. En intervjuundersökning med 26 no/biologilärare*. (Göteborg Studies in Educational Sciences 197), Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Zohar, A., & Ginossar, S. (1998). Lifting the taboo regarding teleology and anthropomorphism in biology education - heretical suggestions. *Science Education*, 82, 679-697.
- Zook, D. (1995). Confronting the evolution education abyss. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), 1111-1120.
- Zuzovsky, R. (1994). Conceptualizing a teaching experience on the development of the idea of evolution: An epistemological approach to the education of science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 557-574.

APPENDIX 1

FÖR- OCH EFTERTESTUPPGIFTER

Nuvarande utseende på testen finns på följande adresser:

Förtestet: <http://na-serv.did.gu.se/evolution/fortest/>

Eftertestet: <http://na-serv.did.gu.se/evolution/eftertest/>

Tema: Variation

Flervalsuppgift om variationens uppkomst

Under evolutionens gång har levande organismer utvecklat en mängd olika egenskaper. Upphovet till denna enorma variation är att:

Välj det påstående som passar bäst med vad du anser!

1	Egenskaperna uppkom när de behövdes.
2	Det har skett slumpvisa förändringar av organismernas arvs massa.
3	Levande organismer strävar efter att utvecklas
4	Det behövs stor variation för att få balans i naturen.

Uppgiften konstruerad av projektgruppen.

Likertuppgiften om variationens uppkomst

Egenskapen att ha simhud på fötterna hos änder uppkom hos ändernas förfäder på grund av att:

de levde i vatten och behövde simhud för att simma.	1	2	3	4	5	det av slumpskäl uppkommit mutationer.
---	---	---	---	---	---	--

Varför valde du detta svarsalternativ?

Referens:

Bishop, B. and Anderson, C. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27:5, 415-427.

Jensen, M. & Finley, F. (1995) Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79:2, 147-166.

Flervalsuppgift om befintlig variation

Ett antal myggpopulationer är numera resistenta mot DDT (en kemikalie som används för att döda insekter), vilket medfört att DDT-behandlingen inte är lika effektiv som tidigare. Biologer anser att DDT-resistensen har utvecklats på grund av:

Välj det påstående som passar bäst med vad du anser!

1	Enskilda myggor utvecklade DDT-resistens efter att ha blivit utsatta för medlet.
2	Myggpopulationerna behövde bli DDT-resistenta för att kunna överleva.
3	Några få myggor var troligen DDT-resistenta redan innan medlet började användas.
4	Myggpopulationerna blev DDT-resistenta av en slump.

Referens:

Bishop, B. and Anderson, C. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27:5, 415-427. ?2002-10-15

Jensen, M. & Finley, F. (1995) Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79:2, 147-166.

Tema: Arv

Likertuppgiften om ärftlighet

Simhud utvecklades hos de tidiga änderna eller deras förfäder på grund av att:

vissa ändrar anpassade sig till sin akvatiska miljö.	1	2	3	4	5	vissa ändrar dog eller fick mindre avkomma.
--	---	---	---	---	---	---

Varför valde du detta svarsalternativ?

Referens:

Bishop, B. and Anderson, C. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27:5, 415-427.

Jensen, M. & Finley, F. (1995) Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79:2, 147-166.

Tema: Naturligt urval

Flervalsuppgift om populationsförändringar

Vilket av följande alternativ förklarar bäst förändringar hos en population med tiden?

Välj det påstående som passar bäst med vad du anser!

1	Vissa individer är bättre på att föröka sig än andra.
2	Vissa individer svälter ihjäl, medan andra överlever genom att flytta till nya områden.
3	Organ och strukturer som behövs utvecklas.
4	Individer kan anpassa sig för att överleva.

Uppgiften konstruerad av projektgruppen.

Likertuppgiften om populationsförändringar

Under tiden som simhud utvecklades hos änderna fick de flesta änder:

ungefär lika mycket simhud som sina föräldrar.	1	2	3	4	5	lite mer simhud än sina föräldrar.
--	---	---	---	---	---	------------------------------------

Varför valde du detta svarsalternativ?

Referens:

Bishop, B. and Anderson, C. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27:5, 415-427.

Jensen, M. & Finley, F. (1995) Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79:2, 147-166.

Tema: Evolutionsteori

Uppgift Gepard

Geparder kan springa fort, runt 100 km/h då de jagar. Hur skulle en biolog förklara hur egenskapen att springa fort har utvecklats, om man antar att geparden härstammar från förfäder som kunde springa runt 30 km/h?

Referens:

Bishop, B. and Anderson, C. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27:5, 415-427.

Uppgift Salamander

Grottsalamandrar är blinda (de har 'tillbakabildade' ögon). Hur skulle en biolog förklara hur blinda grottsalamandrar har utvecklats från seende förfäder?

Referens:

Bishop, B. and Anderson, C. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27:5, 415-427.

Uppgift 'Löss'

Del a

Följande fråga ställdes i ett biologiproov:

'I en skola drabbades 15 % av eleverna av huvudlöss under vintern. Vid tidigare epidemier av huvudlöss hade eleverna behandlats med ett bekämpningsmedel som man köpte på apoteket. Eleverna hade då blivit av med lössen. Trots att eleverna behandlades lika noggrant denna gång dog inte lössen. Redogör för hur en biolog skulle förklara detta med hjälp av evolutionsteorien.'

Här följer två olika elevsvar på denna uppgift:

Svar A: Därför att om man är ett djur som förökar sig så ofta, överlever endast de starkaste; de som inte påverkades av bekämpningsmedlet och deras avkomma attackerar nu.

Svar B: Lössen försöker överleva den ökade mängden bekämpningsmedel och vänjer sig; det är det som inom biologin kallas för anpassning, till slut kommer det inte att påverka dem; det vill säga de blir resistent mot bekämpningsmedlet och de nya generationerna kommer att ärva denna egenskap och blir med tiden ännu mer resistent, därför att, enligt ärftlighetslagarna utvecklas nya generationer tills de blir mer perfekta än de tidigare.

Välj det svar du anser bäst överensstämmer med evolutionsteorin!

Svar A eller Svar B

Del b

Varför valde du detta svarsalternativ?

Referens:

Jiménez Aleixandre, M.P. (1994). Teaching evolution and natural selection: A look at textbooks and teachers. *Journal of Research in science teaching*, 31:5, 519-565.

Tema Vetenskap och tro

Religionsfrågan

Del a

Fem personer står och diskuterar hur livet kommit till på Jorden och hur det utvecklats. Var och en talar om vad de tycker.

Vem sympatiserar du mest med?

1	Darwins evolutionsteori är sann och talar om hur utvecklingen gått till.
2	Skapelseberättelsen i din religion är sann och talar om hur utvecklingen gått till.
3	Varken Darwins evolutionsteori eller skapelseberättelsen i din religion är sann utan det är två olika sätt att beskriva hur utvecklingen gått till.
4	Varken Darwins evolutionsteori eller skapelseberättelsen i din religion är sann men Darwins evolutionsteori är en vetenskaplig teori.
5	Varken Darwins evolutionsteori eller skapelseberättelsen i din religion är sann utan det är bara två olika teorier för hur utvecklingen gått till.

Del b

Motivera ditt val av svarsalternativ i uppgift a.

Referens:

Landström, J. (1999). Evolutionen bara en teori ...? Hur blivande lärare i baturvetenskap uppfattar begreppen naturlag och teori samt hur de bedömer utsagor om evolutionsteorin och bibelns skapelseberättelse. I L. Aho, & J. Viiri (Eds.) Undervisning i naturvetenskap ur kultur-, teknologi- och miljöperspektiv (pp. Joensuu: Joensuu universitet.

APPENDIX 2

PROV OCH HEMTETAMENS- UPPGIFTER

De tre öppna prov- och hemtentamensuppgifter som valdes ut för analys i denna avhandling.

Variationsuppgiften:

Levande varelser uppvisar en mängd olika egenskaper. Hur har denna enorma variation uppkommit?

Uppgiften är konstruerad av projektgruppen.

Säluppgiften i exp 1 och exp3 alternativt björnuppgiften i exp2.

Säluppgiften (Settlage, 1994):

Sälar kan befinna sig under vattnet utan att andas i nästan 45 minuter, då de jagar efter fisk. Hur skulle en biolog förklara hur denna egenskap, att hålla andan länge, har utvecklats? Man antar att sälens förfäder kunde stanna under vatten bara några minuter.

Björnuppgiften (uppgiften är konstruerad av projektgruppen):

Använd dina kunskaper om evolutionens mekanismer för att skriva: 'Sagan om hur isbjörnen fick sin vita färg'

'Det var en gång många bruna björnar...'

Antibiotikauppgiften (Brumby, 1981, 1984):

Forskare har länge varnat läkare för deras ökade användning av antibiotika (t.ex. penicillin) för att bota lindrigare infektioner. Förklara orsaken till denna varning?

APPENDIX 3

INTERVJUER OM

VARIATIONENS UPPKOMST

Intervjun ska behandla uppgift 4 i förtestet:

Under evolutionens gång har levande organismer utvecklat en mängd olika egenskaper. Upphovet till denna enorma variation är att:

1. Egenskaperna uppkom när de behövdes.
2. Det har skett slumpvisa förändringar av organismernas arvs massa.
3. Levande organismer strävar efter att utvecklas.
4. Det behövs stor variation för att få balans i naturen.

Inledning av intervjun

Intervjun kommer att spelas in på band, men det du säger kommer inte att sättas i samband med ditt namn. Din lärare kommer inte att få tillgång till din uttalanden här förrän efter betygsättning.

Intervjufrågor

1. Hur anser du att den variation som finns har uppkommit?
2. Vad menar du med variation?
3. När ni fick frågan om variation på det inledande testet och då ni diskuterade den i måndags fanns det fyra alternativa svar. (Ge eleven frågan på ett papper.) Nu vill jag att du kommenterar de fyra olika svaralternativen!
4. Vilket alternativ skulle du kryssa i om du fick frågan nu?
5. Är det samma alternativ som du kryssade i vid det inledande testet?

Om svar 'ja': Känner du dig säker eller tveksam till det svaralternativ du valt nu?
Hur kändes det vid det inledande testet?

Om svar 'nej': Vad anser du att det är som fått dig att ändra svarsalternativ.

Om svar 'kommer ej ihåg': Fråga om kod och se efter svaret i listan.

APPENDIX 4

INTERVJUER OM

NATURLIGT URVAL

Intervjun ska behandla uppgift 5 i förtestet:

Vilket av följande alternativ förklarar bäst förändringar hos en population med tiden?

1. Vissa individer är bättre på att föröka sig än andra
2. Vissa individer svälter ihjäl, medan andra överlever genom att flytta till nya områden
3. Organ och strukturer som behövs utvecklas
4. Individer kan anpassa sig för att överleva

Inledning av intervjun

Intervjun kommer att spelas in på band, men det du säger kommer inte att sättas i samband med ditt namn. Din lärare kommer inte att få tillgång till din uttalanden här förrän efter betygsättning.

Intervjufrågor

Eleven får två bilder :

Bild 1: Föreställande en population vid tid 1.

Bild 2: Föreställande samma population vid tid 2.

1. Hur skulle du förklara denna populationsförändring?
2. Om eleven inte använder begreppet 'naturligt urval':
Skulle du kunna använda 'naturligt urval' i din beskrivning av förändringen av populationen?
3. Hur anser du att populationen skulle kunna se ut på en bild framåt i tiden från bild 2?
4. Hur tror du populationen såg ut på en bild bakåt i tiden från före bild 1?
5. När ni fick en fråga om populationsförändring på det inledande testet fanns det fyra alternativa svar. (Ge eleven frågan på ett papper.) Nu vill jag att du kommenterar de fyra olika svarsalternativen!
6. Vilket alternativ skulle du kryssa i om du fick frågan nu? Känner du dig säker?
7. Är det samma alternativ som du kryssade i vid det inledande testet?

Om svar 'ja': Kände du dig säker vid det inledande testet?

Om svar 'nej': Vad anser du att det är som fått dig att ändra svarsalternativ.

Om svar 'kommer ej ihåg': Fråga om kod och se efter svaret i listan.

APPENDIX 5

SMÅGRUPPSDISKUSSION

Er grupp har på bordet framför er två bilder som föreställer en population av bävrar. Bild 1 visar populationens sammansättning vid en tidpunkt och bild 2 visar samma population många bävergenerationer senare.

Uppgifter:

- Frekvensen av en egenskap i populationen har förändrats från bild 1 till bild 2. Undersök vilken egenskap det är!
- Hur skulle ni förklara den förändring som har skett mellan bild 1 och bild 2. Förklara så utförligt som ni bara kan.
- Om vi kunde blicka framåt i tiden, hur tror ni att populationen skulle se ut på en tänkt bild 3? Förklara!
- Om vi nu blickar bakåt i tiden, hur anser ni att populationen skulle ha sett ut på en bild innan bild 1, dvs. en tänkt bild 0? Förklara!
- På förtestet ni gjorde innan evolutionsundervisningen startade fick ni följande uppgift:

Vilket av följande alternativ förklarar bäst förändringar hos en population med tiden?

1. Vissa individer är bättre på att föröka sig än andra.
2. Vissa individer svälter ihjäl, medan andra överlever genom att flytta till nya områden.
3. Organ och strukturer som behövs utvecklas.
4. Individer kan anpassa sig för att överleva

Kommentera de fyra alternativen 1, 2, 3 och 4 ovan och avgör om de kan vara ett möjligt svar till frågan! Ni kan tänka er att den förändring som skett är den som bäverbilderna visar.

- Välj det alternativ som ni anser bäst skulle förklara den förändring som skett i bäverpopulationen! Försök om möjligt bli ense i gruppen.
- Tänk efter och försök komma på vilket alternativ ni valde i förtestet!
- Öppna kuvertet och titta hur er klass svarade på denna uppgift på förtestet. Diskutera det resultatet och jämför med vad ni valde idag.

APPENDIX 6

'RENVARGUPPGIFTEN'

Problemet finns på följande Internetadress:
<http://na-serv.did.gu.se/evolution/ren1.html>

Uppgift 1

En population vildrenar observerades av en viltforskare under några dagar. Hon observerade att det fanns en stor variation i renarnas benlängd. Hon beslöt att dela in populationen i olika grupper med avseende på benlängden. Till slut bestämde hon sig för tre grupper; kortbenta renar, renar med något längre ben samt en tredje grupp med långbenta renar. Det visade sig då att i denna population hade 20 % korta ben, 60 % något längre och 20 % långa ben.

Vi tänker oss nu att du besöker vildrenpopulationen i samma område ett stort antal rengenerationer senare. Använd det du lärt dig om evolutionsteorin för att spekulera över renarnas benlängder vid detta senare tillfälle.

Uppgift 2

Samtidigt som vi tänkte oss att du observerade vildrenpopulationen i förra uppgiften kom en ny viltforskare och observerade vid samma tidpunkt som du. Han jämförde renarnas benlängder med benlängderna i den förra undersökningen, som han hade läst om. Vid det tillfället, som du kanske minns från uppgift 1, hade populationen delats in i tre grupper med 20 % korta ben, 60 % något längre och 20 % långa ben.

När den nye forskaren jämförde benlängderna konstaterade han att det nu många rengenerationer senare bara var 10 % som hade korta ben, 40 % något längre och hela 50 % som hade långa ben.

Hur kan detta komma sig?

Uppgift 3

Den nye viltforskaren observerade dessutom att renar med kortare ben sprang något långsammare än de med längre.

Uppgift 4

Det visade sig att i området där våra renar levde, så fanns också en vargpopulation. Vargarna jagade renar och en varg som jagade en kortbent ren hade god chans att hinna upp denna. Kalas för vargen, men slutet för renen. En långbent ren däremot hann oftast undan.

Uppgift 5

Vad händer med vargpopulationen? Använd nu det du hittills lärt dig om evolutionsteorin för att spekulera över vargpopulationens utveckling.

Uppgift 6

Kommentera dina tidigare svar!

När du nu ser alla dina svar samlade så här, vill du då göra några tillägg?

Uppgift 7

När du nu läst vad författarna i en engelskspråkig lärobok har skrivit, gör nu en jämförelse mellan dina egna svar och den engelska texten!

Utvärdering av uppgiften

Först fick eleverna avgöra på en skala från ett till fem vilken upplevelse de hade av uppgifterna från tråkiga till intressanta och därefter avgöra vilken svårighetsgrad och vilken betydelse de ansåg att uppgifterna hade.

Tråkiga	1	2	3	4	5	Intressanta
Svåra	1	2	3	4	5	Lätta
Oviktiga	1	2	3	4	5	Viktiga

Därefter fick de tre öppna frågor:

Vad tycker du har varit bra med dessa uppgifter?

Vad tycker du har varit mindre bra eller rent av dåligt med dessa uppgifter?

Har du några idéer om hur man skulle kunna göra uppgifterna bättre?