

GÖTEBORGS UNIVERSITET
Institutionen för pedagogik och didaktik

**HUR UPPSTÅR BIOLOGISK VARIATION?
EN STUDIE AV GYMNASIEELEVERS UPPFATTNINGAR
OCH HUR DE UTVECKLAS GENOM UNDERVISNING**

av

Clas Olander



NA-SPEKTRUM

STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I SKOLAN

Nr 23

HUR UPPSTÅR BIOLOGISK VARIATION?
EN STUDIE AV GYMNASIEELEVENS UPPFATTNINGAR
OCH HUR DE UTVECKLAS GENOM UNDERVISNING

av

Clas Olander

Enheten för ämnesdidaktik
Institutionen för pedagogik och didaktik
Göteborgs universitet, Box 300, S-405 30 GÖTEBORG
ISSN 1102-5492, Red: Björn Andersson
© Författaren

Sammanfattning

Bakgrund

Evolutionsteorin är grundläggande för förståelsen av biologi som vetenskap, central i skolans styrdokument och påverkar vårt sätt att se på omvärlden. Tidigare genomförda studier visar att det är en komplicerad och i vissa fall kontroversiell teori att undervisa om. Elever i olika kulturer och åldrar har bristfälliga kunskaper och traditionell undervisning i ämnet visar på svag långsiktig behållning. Eleverna tenderar att återgå till de uppfattningar de hade före undervisning. Flera internationella studier förespråkar en undervisning som poängterar evolutionsteorins delprocesser: dels uppkomst av variation, som är slumpmässig och dels naturligt urval, som inte beror av slumpen. Hur elever uppfattar den biologiska variationens uppkomst har undersökts internationellt. Den här studien avser att komplettera bilden med svenska gymnasieelevers uppfattningar och hur de påverkas av undervisning.

Syfte

Inom ramen för ett ämnesdidaktiskt forskningsprojekt med inriktning mot gymnasieskolans evolutionsundervisning har jag följt elever från två klasser inom gymnasieskolans naturvetenskapliga program. Syftet var att undersöka vilka uppfattningar dessa elever har om den biologiska variationens uppkomst, dels före undervisning och dels hur dessa uppfattningar utvecklas under undervisning och vilka de är tio månader senare.

Metod

Data samlades in vid fem tillfällen, där eleverna fick uttrycka sig både skriftligt och muntligt samt enskilt och i grupp. Under tio månader genomfördes: nätbaserat förtest, videoinspelad gruppdiskussion, inspelad intervju, lärarlett prov samt ett eftertest. Totalt har data samlats in från 51 elever. Bland dessa har tolv valts ut vars utsagor analyserats närmare i ett försök att beskriva begreppsutveckling.

Resultat

Före undervisning ger de 51 eleverna svar som tyder på att de uppfattar den biologiska variationens uppkomst i termer av ändamål, behov eller strävan. Den vedertagna uppfattningen bland biologer att variation uppkommer genom slumpmässiga mutationer omfattas av cirka 15 % av eleverna. Detta är väl i överensstämmelse med tidigare gjorda internationella studier. Tio månader efter undervisningens slut väljer cirka 90 % av eleverna att svara i termer av slump och mutationer. Den långsiktiga behållningen som dessa elever visar är större än vad som redovisats i internationella studier.

Fyra mönster för hur tolv elever utvecklar sin förståelse kan skönjas:

- relativt gott utgångsläge som artikuleras klarare och med större djup
- ganska problemfritt acceptering av vetenskaplig förklaring
- svårigheter att se slumpen som enda aktiva komponent
- kunskapen görs personlig genom egna exempel

Förord

Ärade läsare!

Du har nu framför dig nummer 23 av skriftserien NA-SPEKTRUM, som redovisar studier av naturvetenskapen i skolan. Dess hemvist är Avdelningen för naturvetenskap vid Enheten ämnesdidaktik, Institutionen för pedagogik och didaktik, Göteborgs universitet.

I detta nummer presenteras ett fördjupningsarbete inom programmet i pedagogik med didaktisk inriktning. Arbetet genomfördes höstterminen 2002 och handlar om gymnasieelevers uppfattningar rörande den biologiska variationens uppkomst, och hur dessa uppfattningar utvecklas genom undervisning. Forskningen har ägt rum inom ramen för ett ämnesdidaktiskt projekt med inriktning mot gymnasieskolans evolutionsundervisning. Projektet drivs av lektor Mats Hagman och adjunkterna Clas Olander och Anita Wallin, vilka också är doktorander i ämnesdidaktik

De åsikter, värderingar och slutsatser som framförs är författarnas, och delas inte nödvändigtvis av medlemmarna i avdelningen.

Möln dal den 22/11 2003

Björn Andersson

INNEHÅLL

1. INTRODUKTION OCH FRÅGOR	9
Evolutionsteorins grunder	9
Biologiska förklaringar	11
Varför ska vi undervisa om evolution?	12
Syfte och frågeställningar	13
2. TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR	15
2.1 Undervisning	15
2.2 Förklaringsmodeller	17
2.3 Om lärande, kunnande och undervisning	17
2.4 Elevers tankar om biologisk variation	18
3. METOD	25
3.1 Undervisningsförsök	25
3.2 Undersökningsgrupp	26
3.3 Förtest	26
3.4 Gruppdiskussioner	28
3.5 Intervju	29
3.6 Prov	30
3.7 Eftertest	30
3.8 Metodproblem	31
4. RESULTAT	33
4.1 Förtest	33
4.2 Gruppdiskussion	36
4.3 Intervju	45
4.4 Prov	48
4.5 Eftertest	49
4.6 Begreppsutveckling	51
5. DISKUSSION	57
6. Referenser	62

INTRODUKTION OCH FRÅGOR

Evolutionsteorins grunder

Det är fascinerande att se det myller av livsformer som finns på jorden, alla dessa arter med sina speciella egenheter. Som förälder och lärare ställs du inför barnens frågor, TV visar naturprogram på bästa sändningstid och tidningarna är fyllda av 'den nya biologins' rön. Trots alla spektakulära olikheter finns det samtidigt slående likheter mellan alla organismer. Framförallt syns dessa på molekylär nivå. Byggstenarna är de samma - exempelvis proteiner och nukleinsyror. För att förklara både den stora mångfalden och den märkliga likheten använder vi evolutionsteorin. Denna är den stora sammanhängande teorin inom biologin. Theodosius Dobzansky, amerikansk professor i genetik, går så långt att han säger (Dobzansky, 1973, s. 125):

Nothing in biology makes sense except in the light of evolution.

Som alla vetenskapliga teorier har evolutionsteorin eller utvecklingsläran noggrant skärskådats. Åtskilliga försök har gjorts för att falsifiera teorin de senaste 150 åren. Charles Darwins bok från 1859 med titeln 'The Origin of Species by Means of Natural Selection' har betytt mycket för vår syn på både vår egen art och vårt förhållande till andra. De nya rön som har tillkommit, framförallt inom genetik och molekylärbiologi, har lett fram dagens evolutionsteori. Torbjörn Fagerström (1995) sammanfattar den på följande sätt:

<p>Evolution definieras som <i>förändring i genfrekvenser mellan generationer</i> och selektion som <i>skillnader i avkommereproduktion inom en generation.</i></p>
--

Det handlar om populationer som utvecklas. En population är en samling individer, var och en med en unik genuppsättning, där alla kan fortplanta sig med varandra. Varje befruktning innebär en omkombination av generna genom att föräldrarnas könsceller bara innehåller hälften av kromosomerna. Gradvis förändras genpoolen genom att det naturliga urvalet ger vissa individer möjlighet att få fler avkommor. Det är mutationer som är den egentliga källan till ny genetisk variation och det är det naturliga urvalet, selektionen, som sedan sällar bland dessa varianter.

Tydligare blir det kanske om du tänker på följande tidningsnotis:

På Typpaskolan är 15 % av eleverna drabbade av huvudlöss. Vid tidigare epidemier av huvudlöss har eleverna behandlats med ett bekämpningsmedel som köpts på apoteket. Eleverna har då blivit av med lössen. Trots att eleverna behandlats lika noggrant denna gång, med samma medel, dog inte lössen.

Nyckeln till lössproblemet är att det alltid finns olika löss, muterade löss dvs. varianter med olika gener. I det här fallet har vissa löss en mutation som gör dem resistenta mot bekämpningsmedlet. I ett normalt lusliv kanske denna mutation inte märks men i en miljö med bekämpningsmedel kommer dessa muterade löss att gynnas. 'Normala löss' dör och de med mutationen får en chans att föröka sig. De för sina gener vidare och snart är en stor andel av lössen resistenta. Används samma bekämpningsmedel igen så dör inte lössen.

Evolutionsteorin bygger alltså på:

- likhet, vi ärver gener från föräldrar
- olikhet, alla individer skiljer sig åt på grund av mutationer och omkombinationer
- denna olikhet ger vissa individer bättre förutsättningar att föröka sig

Evolutionen kan bara avläsas i efterhand. Den kan inte förutsägas. Den har inget mål och därmed inte heller någon mening. Det är då svårt att se på människan som skapelsens krona eller att överhuvudtaget tala om några 'högre stadier' av utveckling.

'Kajsa Warg-principen' och 'ingenjörsmässig process' är två skilda sätt att se på skapande processer. Fagerström (1995) liknar Kajsa Wargs 'man tager vad man haver' vid den evolutionära skapelseprocessen på så sätt att den måste verka på en redan befintlig variation. Vad som helst kan inte fås. Exempelvis har både embryon hos människor och fiskar gälar. Fiskarna har gälar hela livet, men våra gälar ombildas till bl.a. hörselben under graviditetens gång. Ingenjörer däremot designar utifrån fastställda mål, det finns en hjärna bakom eller om man så vill en skapare.

En vanlig invändning mot evolutionsteorin är att 'inget så komplicerat som exempelvis ett mänskligt öga kan uppkomma av en slump'. Visst stämmer det, men slumpen är inte den enda verksamma processen eftersom organismerna som bär variationen måste ha en omgivning att leva i. Oändligt många små förändringar som gynnas av det naturliga urvalet ska läggas efter varandra. Varje sådan förändring har varit till fördel eller i vart fall inte hämmat individen.

På detta sätt utvecklas alla populationer genom

- variation, som uppkommer genom slumpvisa mutationer och omkombinationer
- selektion, vissa varianter får högre reproduktionsförmåga på grund av miljön

Biologiska förklaringar

Naturvetenskap söker kausala förklaringar. Det är fråga om att förklara orsaken till ett fenomen. Inom biologin passar dessa orsaksförklaringar oftast bra på partikelnivå, exempelvis när vi förklarar matens nedbrytning i tarmar, växters vattenupptag, ögats funktion etc. Om frågorna ställs som 'Hur fungerar ...?' eller 'Hur går det till när ...?' svarar vi med en funktionell förklaring. Vi hänvisar till den funktion som ett fenomen har och förklarar bakåt i ett system. De nu nämnda förklaringarna kallas för *proximata* eller näraliggande förklaringar (Andersson, 2001; Southerland, Abrams, Cummins & Anzelmo, 2001).

Men om frågorna ställs som 'varför-frågor' är det inte lika lätt att ge ett bra svar. Hagman, Olander & Wallin (opublicerat, 2002) ger exempel på sådana frågor:

- Varför blir harar vita på vintern?
- Varför har vissa människor mörk hud?
- Varför sover vi?

De vanligaste spontana svaren brukar bli: Harar blir vita för att de inte ska synas, sover gör vi för att inte bli trötta, och mörk hud har vissa människor för att det ger skydd mot solstrålning. Nästan alltid får man svar som på ett eller annat sätt talar om vilket *ändamål* företeelsen har, s.k. teleologiska förklaringar. Problemet med de här svaren är att de inte ger någon förklaring till *varför* hararna blir vita, etc. De beskriver istället effekten av den biologiska företeelse de skulle förklara, inget om orsaken nämns.

Om vi nu försöker besvara frågorna utan ändamålsförklaringar kanske svaren blir: Hararna är genetiskt programmerade att reagera på minskande dagsljus, sömnen har med centra i hjärnan och kemikalier att göra och det finns gener för mörk hud. Detta är näraliggande förklaringar till frågorna. Men näraliggande förklaringar talar ju främst om *hur* någonting går till. De säger ingenting om varför det hänt.

Det finns ytterligare en typ av förklaringar som talar om för oss varför någon biologisk företeelse blivit just som den är och inte på något annat sätt. Denna *ultimata* typ av förklaring, som svarar på biologiska varför-frågor, är evolutionär och utgår från teorin om naturligt urval. På svenska kan vi kalla dem för *evolutionshistoriska* förklaringar. De bygger på att allt levande har en mycket lång historia som är orsak till egenskaperna hos dagens organismer.

Varför ska vi undervisa om evolution?

När lärare ska legitimera ett visst ämnesinnehåll inom en gymnasiekurs sker detta på åtminstone tre nivåer. Analysen bör ta hänsyn till den aktuella akademiska disciplinen, läroplan och kursplan samt beröringspunkter med vardagslivet och yrkesverksamhet.

Evolutionsbiologin är grundläggande för i stort sett alla de grenar som biologiamnet delas in i; ekologi, fysiologi, systematik, beteendekologi, miljövard etc. Inom medicin brottas man med exempelvis penicillinresistenta bakterier, vars utveckling förstås med evolutionära kunskaper.

Tankar kring evolution griper också in i vårt sätt att se på 'meningen med livet'. Det är just avsaknaden av riktning i utvecklingen, eller mål och mening, som är svår acceptera. Som människa har man ofta ett 'människocentrerat' eller antropomorfistiskt perspektiv och det kan vara svårt att förena med den riktninglösa utvecklingen.

Betrakta nu följande påstående:

Det finns en vilja och mening bakom sammanhangen i naturen.

Håller du med eller ej?

Kanske kommer du till samma slutsats som 82 % av svenska folket? De instämmer i påståendet i en stor enkätundersökning av Nils Uddenberg (1998). Han menar att det bara finns två teorier med anspråk på att förklara livet på jorden: skapelseteorin och evolutionsteorin – båda i flera versioner. Numera råder ingen större fejd mellan vetenskap och religion på denna punkt. Exempelvis har påven accepterat evolutionsteorin (Sjöberg, 1998). De flesta naturvetare anser att religion och naturvetenskap tillhör skilda paradigmer med olika krav på vad som räknas som godtagbara förklaringar.

Läroplaner och kursplaner skriver fram evolutionsundervisning på ett tydligt sätt. Biologi ingår i gymnasieskolans naturvetenskapsprogram där det i programmets syften bl.a. står:

...programmet syftar till en på naturvetenskap grundad kunskap om livets villkor och om sammanhangen i naturen (SKOLFS 1999:12)

För biologiamnet sägs i kursplanerna om 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 (SKOLFS 2000:19)

Dessutom återfinns följande betygskriterium i både Biologi A och B för godkänt:

Eleven skiljer på naturvetenskapliga och andra sätt att skildra verkligheten. (Ibid)

samt för betyget väl godkänt:

Eleven jämför och värderar olika modeller och teoriers giltighet och identifierar skillnader mellan naturvetenskapliga och andra sätt att skildra verkligheten. (Ibid)

Syfte och frågeställningar

Detta arbete har genomförts inom ramen för ett forskningsprojekt, som har två övergripande syften:

- att utveckla, pröva och revidera undervisning som på ett effektivt sätt hjälper elever att bygga upp en vetenskaplig förståelse av den biologiska evolutionsteorin
- att analysera och beskriva elevernas begreppsutveckling på basis av skriftliga test, intervjuer och videoinspelningar av smågruppsdiskussioner.

Inom ramen för detta projekt har jag följt gymnasieelever med fokus på den genetiska variationen. Om dessa elever ställer jag följande frågor:

- Vilka uppfattningar om hur biologisk variation uppkommer finns bland dessa gymnasieelever före undervisning?
- Hur utvecklas elevernas uppfattning om variationens uppkomst under undervisning och vilken är den tio månader efteråt?

TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR

Under de senaste tjugofem åren har ett stort antal undersökningar genomförts i syfte att belysa elevers kunskaper och uppfattningar om biologisk evolution. I detta kapitel behandlas först fyra artiklar som talar för att dela upp undervisning om evolution i två delprocesser:

- uppkomst av variation, som är slumpmässig
- naturligt urval, som inte beror av slumpen

Därefter redovisas olika förklaringsmodeller som elever använder samt något om undervisningsstrategier. Avslutningsvis beskrivs några undersökningar som behandlar elevers tankar om biologisk variation, först internationella och därefter fyra svenska studier. Anser eleverna att individer är olika, på vilka sätt och vad är upphovet till olikheten? I vad mån använder eleverna slump, mutation eller andra förklaringsmodeller?

Undervisning

En av de mest citerade artiklarna grundar sig på skriftliga test och intervjuer av 110 amerikanska collegestuderande (Beth Bishop & Andersson, 1990). De hade studerat biologi två år på tidigare stadier och trodde att de hade en bra förståelse av evolution. Trots detta skilde de sig från vedertagen biologisk teori genom att de trodde att

- egenskaper förändras genom en anpassning som beror på behov i stället för en slumpmässig genetisk mutation och sexuell omkombination
- olikheter mellan individer inte har någon betydelse för utvecklingen, det gäller då olikheter på alla plan, även skillnader i reproduktiv framgång
- egenskaper gradvis förändrades hos alla medlemmar av en population.

Den första punkten handlar om ursprung och överlevnad av nya egenskaper i en population. Författarna ser två möjliga skäl till att de studerande sammanblandar orsak och verkan:

- De verkar missa att evolutionsteorin består av två skilda processer; en slumpmässig (mutation/omkombination) och en icke-slumpmässig (naturligt urval)
- De studerande har svårt att skilja på kausala och funktionella förklaringar. För många studenter räcker det att förklara funktionen av en viss egenskap för att förklara hur egenskapen utvecklats. Exempelvis tas det faktum att dagens piggsvin behöver sina taggar för att överleva som en tillräcklig förklaring till hur dessa taggar utvecklats.

Den andra punkten ovan berör variationens roll i en population och där biologen anser att populationen utvecklas eftersom vissa enskilda medlemmar på genetiska grunder har reproduktiva fördelar. De studerande däremot verkar se evolution som en process som formar hela arten som en enhet, vilket följande exempel illustrerar (min översättning):

– *Geparderna kanske skulle ha behövt springa fortare för att undkomma fiender och gradvis ändrades då deras muskler och ben för att anpassa sig till detta.*

– *Eftersom syn inte behövdes hos salamandrarna i grottan fördes gener vidare med mindre förmåga att se tills de hade utvecklats till blinda.*

I Louisiana, USA, hölls 1992 en konferens om evolutionsundervisning. Den konstaterade att evolutionsteorin är både kontroversiell och komplicerad att undervisa om. I sammanfattningen (Good, Trowbridge, Demastes, Wandersee, Hafner & Cummins, 1992) beskrivs sex områden som bör förstås för att få ett samlat grepp om evolutionsteorin:

- jorden är gammal
- jorden genomgår gradvisa förändringar
- förändring av en art har sitt ursprung i slumpvisa förändringar som påverkas av det naturliga urvalet
- gemensamt ursprung för organismerna
- en art är en samling av olika individer
- människan är en del av naturen

En översiktsartikel av Smith, Siegel och McInnery (1995) granskar evolutionsundervisning främst med utgångspunkt från kreationistdebatten i USA. Fem fält där undervisningen behöver utvecklas anges:

- Geologisk tid. Går den överhuvudtaget att förstå?
- Det är en tvåstegsprocess – uppkomst av variation samt naturligt urval.
- Vilka arter är lyckosamma? De långlivade (trilobiter slår människor), de allmänt utbredda (bakterier) eller de med störst artantal (insekter).
- Artbegreppet. Arter förändras och vår indelning ändras.
- Slump är viktigt, men är bara en delprocess. Många elever tror att slumpen styr helt, vilket leder till frågor som: 'Hur kan något så komplicerat som det mänskliga ögat utvecklats genom slump?'

Författarna anger också att undervisning om genetik kan motverka förståelsen av variation. Om undervisningen poängterar exempelvis Mendels genetik med fokus på 'en gen' missar man att i stort sett all nedärvning beror av många gener och ger en kontinuerlig variation.

Michael Reiss är redaktör för en engelsk handbok för biologiundervisning, 'Teaching Secondary Biology' (1999). I denna ges rådet att betona variationens uppkomst dels inom undervisningen i genetik (Lewis, 1999) och därefter som en avgränsad del inom evolutionsundervisningen (Brown, 1999). Naturligt urval blir då lättare att se som en logisk konsekvens av den genetiska variationen.

Förklaringsmodeller

Tre olika förklaringsformer anges av Elster (1990) och Gilje & Grimen (1992).

- Orsaksförklaringar (kausala) till ett fenomen hänvisar till föregående händelser som frambringar det, exempelvis orsaken till variation.
- Funktionalistiska (funktionella) förklaringar till ett fenomen hänvisar till efterföljande verkningar, exempelvis resultatet av naturligt urval
- Ändamålsförklaringar (teleologiska förklaringar) till ett fenomen hänvisar till avsedda efterföljande verkningar. Exempelvis förklaras utvecklingen av en art eller egenskap med att den behövs, fyller en funktion eller har ett syfte.

Evolutionsundervisningen strävar ofta mot att få eleverna att undvika ändamålsförklaringar. Många undersökningar visar att detta är svårt i praktiken. Framförallt så återvänder eleverna till sina tidigare förklaringsmodeller efter undervisningen.

Zohar & Ginossar (1998) argumenterar för att ta bort tabun rörande ändamålsförklaringar och antropomorfistiska förklaringsformer i biologiundervisningen av följande skäl:

- Barn kommer att fortsätta använda ändamålsförklaringar eftersom dessa bl.a. förekommer i populärvetenskapliga filmer och böcker.
- Det råder inte konsensus bland filosofer och biologer om användningen.
- Yttranden i ändamålsbanor betyder inte nödvändigtvis att barnen tänker så.
- Det finns ett heuristiskt värde i att använda ändamålsförklaringar.

I studien av Zohar och Ginossar som gällde 28 elever från Jerusalem mellan 15 och 17 år, rekommenderas att man inte undviker ändamåls- och antropomorfistiska formuleringar utan tvärtom lyfter upp dem i ljuset. Genom att diskutera vad de betyder och inte betyder kan man komma till en godtagbar biologisk förklaring. Författarna föreslår också att man använder 'conceptual change model' (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982) för att fokusera begreppet 'behov' i biologiundervisningen. Med dessa två metoder anser författarna att man får eleverna att skärpa sin tankeverksamhet utan att offra deras vetenskapliga förståelse.

Om lärande, kunnande och undervisning

Modellen att lyfta upp elevernas föreställningar i ljuset, som Zohar och Ginossar förordar ovan, utreds närmare av Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott (1994). Artikeln tar en konstruktivistisk utgångspunkt. Kunskap överförs inte passivt från 'den som vet' till en annan 'som ska lära' utan måste aktivt byggas upp av den som lär. Kunskap och förståelse konstrueras när vi engagerar oss i samtal och aktiviteter kring gemensamma problem och uppgifter. I den här meningsskapande processen är lärarens insats väsentlig, speciellt när den vetenskapliga synen står i kontrast till elevernas förförståelse.

Hewson Beeth och Thorley (1998) försöker reda ut om lärande av naturvetenskap ska ses som individens konstruktion eller som social kulturering dvs. konstrueras kunskapen i individens huvud eller är det en mellanmänsklig aktivitet? Deras slutsats är att 'kunskap är personligt konstruerad men socialt medierad'. Riktlinjer för undervisningen blir då enligt författarna:

- Elevernas uppfattningar om ämnet måste komma fram i undervisningen. Förförståelsen påverkar lärandet och eleverna ska ges möjlighet att värdera olika synsätt.
- Låt eleverna reflektera kring sitt lärande. Genom denna metakognition ex. jämförelser och kommentarer kring förklaringar av begrepp utvecklas det vetenskapliga tänkandet.
- Aktiviteter som höjer statusen hos vetenskapliga begrepp ska användas. Begriplighet, trovärdighet och användbarhet är nyckelord för presenterade begrepp.
- Lyft fram det personliga ställningstagandet. Motiveringen för det nya begreppet ska passa elevens personliga begreppsekologi.

Björn Andersson (2001) diskuterar en undervisningsstrategi:

En undervisningsmetod som föreslagits och i viss utsträckning prövats är att locka fram och utmana elevernas vardagstänkande inom ett område genom att låta honom/henne förutsäga eller förklara fenomen. Tanken är att medlemmarna i klassen kommer med olika svar, vilket skapar diskussion och intresse. Läraren är förberedd genom att vara insatt i vanliga elevföreställningar inom området. Utmaningar från lärare och kamrater gör eleven mer medveten om sitt sätt att tänka, samtidigt som en viss osäkerhet uppstår. Det finns andra idéer än de egna. Vad betyder dessa? Vilket är den bästa förklaringen? Läraren inför så den vetenskapliga förklaringen, som eleverna ges möjlighet att pröva. Förhoppningsvis upptäcker de då att denna gör det möjligt att förklara och förutsäga på ett bättre sätt än vardagsidén. Reflexion över det egna tänkandets utveckling är en viktig del av undervisningen. (Anderson, 2001, s 14)

Elevers tankar om biologisk variation

Internationella studier

Pionjärer på området är Deadman och Kelly (1978) som genomförde en intervjustudie med 52 engelska pojkar i åldrarna 12-16 år. Intervjuerna startade med samtal kring evolution som fenomen och hur organismer förändras, därefter kom man in på specifika frågor om variation, slump och ärftlighet. Pojkarna tog bara exempel från djurvärlden och deras svar betonade evolution som djurens svar på omgivningens förändring. Eleverna refererade till djurs 'behov', 'vilja' eller någon slags odefinierad inre kraft. Begreppet variation användes som beskrivning på skillnaden mellan djurgrupper ex. dinosaurier och däggdjur, men någon variation inom dessa grupper nämndes inte. Diskussion kring slump förekom mycket sällan utan händelser ansågs snarare vara oundvikliga. När eleverna diskuterar ärftlighet handlar det bara om överföring av egenskaper mellan

generationer men inget om arvets betydelse för variationens uppkomst. Författarna framhåller att elevernas förståelse blockeras då de inte ser länken mellan begreppen variation, anpassning och selektion. Deadman och Kelly förespråkar att begreppet variation introduceras tidigt i biologiundervisningen och att man uppmärksammar unga människors intuitiva motviljor mot slump som förklaringsmodell.

I två studier har Margret Brumby (1981, 1984) undersökt universitetsstuderandes uppfattningar. I England deltog 52 biologistudenter och i Australien gällde det 150 läkarstuderande. Studenterna hade tolv års skolgång bakom sig, majoriteten var arton år och det var deras första studieår på universitet. En av uppgifterna löd (min översättning):

Forskare har länge varnat läkare för deras ökade användning av antibiotika, exempelvis penicillin, mot lindriga infektioner. Vad är skälet till denna varning?

Uppgiften har använts i flera efterföljande studier och är i högsta grad aktuell med tanke på dagens problem inom sjukvården med 'multiresistenta' bakterier. Undersökningen hade stor betydelse för läkarutbildningen då det visade sig att hälften av läkarstudenterna trodde att den mänskliga kroppen var det primära målet för antibiotika. Utbildningen har därefter mer betonat att antibiotika verkar på bakterier och inte den egna kroppen. En variation inom bakteriepopulationen används som förklaringsmodell av 14 % av läkarstudenterna och det är 6 % av de engelska biologistudenterna som förklarar i evolutionstermer. Brumby (1981) sammanfattar studenternas syn på evolution som: '... det startar med en förändring i miljön vilket orsakar en mutation som genom en anpassningsprocess leder till immunitet'. En bärande tanke i evolutionsteorin är att mutationer sker spontant hela tiden och inte som ett svar på 'omgivningens krav'. Anpassning måste i det här sammanhanget ses som ett resultat av slumpmässiga variationer som i en viss miljö varit fördelaktigt. Brumby (1984) ställde också frågor kring hudfärg hos människor och hur insekter påverkas av bekämpningsmedel. I fråga om insekternas förändring påpekar hon att studenterna felaktigt tror att: 'insekterna blir mer immuna snarare än att fler insekter blir immuna'. Det är viktigt att poängtera att det inte är varje enskild individ som blir mer och mer immun utan det handlar om att det blir fler individer som tål bekämpningsmedlet.

Några av Brumbys frågor har getts till amerikanska elever (Lawson & Thompson, 1988). De 13-åriga eleverna fick bl.a. frågan: 'En ljushyad och blond flicka växer upp i Afrika. Vilka förutsägelser skulle du göra om hennes hudfärg? Vad säger du om hennes barns hudfärg?' Många elever ger 'Lamarckistiska' svar där man talar om ärftlighet av förvärvade egenskaper, exempelvis: 'I Afrika skiner solen varmare och huden blir mycket mörkare så när hennes barn föds så kommer deras hud att vara lite mörkare'.

En brittisk studie (Engel-Clough & Wood-Robinsson, 1985) visar att området är svårt för eleverna. Man intervjuade 84 elever i åldrarna 12-16 främst för att spåra tankar kring biologisk anpassning. Flertalet elever förklarar i 'teologiska' termer som om det fanns en stor allomfattande plan eller design.

Amerikanen Edgar Greene (1990) söker i en studie av universitetsstudenter finna vilka av elevernas antaganden som leder fram till att de missförstår evolutionsteorin. Han frågar 322 studenter under första terminens tredje lektion:

Förfäderna till dagens fladdermöss kunde inte flyga, de liknade näbbmöss eller möss. Antag att fladdermusen utvecklade vingar från armen eller tassarna av en näbbmusliknande förfader. Förklara hur detta kunde ske genom att använda idén om naturligt urval.

De studenter som har problem med att besvara frågan korrekt ser inte

- variationen inom populationen som betydelsefull
- förändringar i naturen som slumpmässiga.

Greene menar att det finns studenter som ser populationen som stabil dvs. den består av en samling individer som är väsentligen lika och där variationen är liten. Detta leder till antagandet att förändring sker då den behövs eftersom variationer bara är små defekter från den normala typen och inte en del av förändringsprocessen. Detta egenskapsfokus står i djup kontrast till synsättet där alla individer inom populationen är olika och denna olikhet är grund för det naturliga urvalet. Den andra punkten, om slumpen, innebär en riktning hos evolutionen och kan indelas i tre typer enligt Greene:

- Teologisk evolution – förändringen styrs av en utomstående agent (Gud, en skapare etc.)
- Ontogenes – förändringen har sitt ursprung inom individen och avslöjas i varje generation
- Lamarkism – förändringar som behövs kan förvärfvas under individens livstid och sedan föras vidare till kommande generationer; nedärvning av förvärvade egenskaper.

Från Brasilien rapporterar Bizzo (1994) en studie av 192 elever i åldrarna 15 till 17. Även här saknades oftast den genetiska variationen i elevernas svar. I de fall där variation nämnades handlade det om miljöns påverkan, t.ex. att insekter blir resistent mot DDT på grund av att myggans kropp började tillverka antikroppar som ett svar på 'DDT-miljö'. Ett annat problem som Bizzo ställde eleverna inför var att ta ställning till ett påstående: 'Några läkare hade rapporterat att vissa judiska bebisar föddes i ett tillstånd som gjorde att omskärelse inte var nödvändig.' (min översättning). Studenterna ombads ge en tänkbar förklaring till detta. Många studenter skrev att om omskärelsen var återkommande varje generation skulle den med tiden ha blivit ärftlig. Detta kan tolkas som en form av 'Lamarkism' dvs. att förvärvade egenskaper nedärvs. Somliga använde pangenetiska synsätt som: 'Genom att ha tagit bort DNA från den delen under många generationer försvann den.' Det är en felaktig tolkning av genetiken på så sätt att eleverna tror att generna för ex. förhud bara finns i just förhuden. Genom att då ta bort just dessa gener så skulle egenskapen eller kroppsdelens försvinna.

Driver, Squires, Rushworth och Wood-Robinson (1994) sammanfattar elevföreställningar om den biologiska variationens uppkomst:

Several studies, involving students of all ages, point to very persistent alternative conceptions about the source of variation. Students invariably attribute observable variation to environmental factors alone. Sexual reproduction is not recognised as the source of variation in a population. (sid. 52)

Svenska studier

En studie av 17-åriga elever på samhällsvetenskapligt program som gjorts av Halldén (1988) visar att eleverna har problem även efter undervisning. Han lät 27 elever i ämnet naturkunskap skriva uppsats före och efter undervisning, vilken omfattar 23 timmar inom genetik och evolution. Eleverna ombads förklara 'Vilka principer som styr utvecklingen av olika livsformer på jorden?', 'Hur utvecklas arter?' och 'Varför finns det så många olika arter?'. Data samlades också vid två gruppdiskussioner mot slutet av undervisningen. Trots att mycket undervisnings-tid anslogs för genetik, t.ex. angående celledelningstyper som mitos och meios, så kunde inte eleverna koppla ihop begreppen variation och naturligt urval. Halldén konstaterar att idén om variation inom arter är nödvändig för att förstå evolutionsteorin. Eleverna har dock svårt att förstå de genetiska resonemangen.

Pedersen (1992) uppmärksammar i sin avhandling svenska elevers syn på den 'ärftligt betingade inomartsvariationen'. Via uppsatser och intervjuer av sexton elever undersöks begreppsutveckling. Han samlar data vid två tillfällen, första gången i början av årskurs sju och därefter i slutet av årskurs nio. I årskurs sju ansåg hälften av eleverna att egenskaperna varierar bland individerna inom en art, men endast en elev använde insikten för att förklara arters gradvisa utveckling. I årskurs nio är det ytterligare en elev som ger en naturvetenskaplig förklaring, resten ger fortfarande ändamålsförklaringar och ser inte att den befintliga variationen påverkar utvecklingen.

Landström (1995) och Zetterqvist (1995) har gett cirka åttio elever från årskurs nio och gymnasiet årskurs tre (studieförberedande program) följande fråga:

Människor är som du vet olika. Om man med lottens hjälp väljer ut 100 friska pojkar eller flickor i Sverige som är lika gamla så har de olika längd, kroppsform, hudfärg, motståndskraft mot sjukdomar, känslighet för ämnen (t ex allergier), temperament och så vidare.

A) Hur är det med prästkragar?

Tänk dig att man med lottens hjälp väljer ut 100 friska prästkragar på en mycket stor äng som är vit av prästkragar. Finns det några olikheter bland dem? I så fall vilka? Förklara ditt svar.

B) Hur är det med strömmingar?

Tänk dig att man med lottens hjälp väljer ut 100 unga, friska strömmingar från Östersjön. Finns det några olikheter bland dem? I så fall vilka? Förklara ditt svar

Resultatet framgår av tabell 1 på nästa sida.

Tabell 2.1. Är prästkragar respektive strömmingar olika? Procentuell fördelning av elevsvar på kategorier. 16 – 18 år, n=80.

KATEGORIER	Prästkragar (%)	Strömmingar (%)
Ej besvarat	2	5
Ingen större variation	20	6
Beskriver variation, men förklarar inte	32	51
Förklaring av variationen:		
variation pga. miljö	28	21
variation pga. genetiskt arv	9	12
variation pga. miljö och genetiskt arv	8	1

Majoriteten av eleverna ansåg alltså att det fanns en variation, men de förklarade inte hur den uppkom. För att få grepp om evolutionsteorin är det nödvändigt att se den genetiska komponenten, vilket verkar vara svårt för dessa elever.

Sammanfattning

Elever från skilda delar av världen och i olika åldrar har svårigheter att använda evolutionsteorin. Undervisning inom evolutionsområdet är föga framgångsrik om målet är att få eleverna att frånga sina vardagsförklaringar och börja använda vetenskapliga förklaringar.

Teorin ses av biologer som rättfram och logiskt uppbyggd:

- alla individer är olika (sluppmässig genetisk variation)
- olikheten är inte neutral (miljön ger vissa individer högre fitness, naturligt urval)

För den lärare som ska använda teorin är det inte lika enkelt. Det är viktigt att både se de olika delprocesserna var för sig och hur de hänger ihop. Slumpen är inte hela förklaringen och inte heller det naturliga urvalet. Tillsammans bildar de en heltäckande teori som är fundamental för förståelsen. Här har våra uppfattningar om slump kontra mål och mening en speciell betydelse. Vårt sätt att tala i vardagslag bidrar till förvirring. Vi talar intuitivt i termer av 'giraffer behöver långa halsar' (ändamålsförklaring) eller 'vi strävar efter att utvecklas' (antropomorfism).

Eftersom vi nu har en bild av elevernas utgångsläge och sätt att resonera har vi också en god grund för överväganden om hur undervisningen ska läggas upp. Mycket talar för att lyfta fram elevernas förförståelse i ljuset och använda deras

idéer i undervisningen. Genom att diskutera med varandra och med läraren blir de medvetna om vad orden står för och vad som räknas som en vetenskaplig förklaring. Eleverna bör ges möjlighet att 'tänka på hur de tänker', dvs. ett slags metakognition, och få rika möjligheter att pröva sitt tänkande i nya situationer.

METOD

Data har samlats in under ett år vid fem tillfällen och med olika metoder för att beskriva hur eleverna uppfattar den biologiska variationens uppkomst.

Tanken var att få en bild av

- uppfattningar före undervisning genom förtest
- hur uppfattningar bearbetas vid gruppdiskussion
- uppfattningar under pågående undervisning, genom intervju
- prestationer på ett avslutande prov, som lärare gav och bedömde
- den långsiktiga behållningen genom eftertest

Tabell 3.1. Översikt över datainsamling.

Förtest	990210-11	43 elever
Gruppdiskussion	990301	29 elever
Intervju	990304	12 elever
Skriftligt prov	990429	48 elever
Eftertest	000207-0323	47 elever

Undervisningsförsök

Tre teman om evolutionsundervisning framträder i litteraturen:

- Undervisning om evolution anses vara komplicerad och ibland kontroversiell (Good et al 1992; Smith et al, 1995).
- Elever har brister i förståelsen av evolutionsteorin och de använder ett antal alternativa förklaringsformer (Deadman & Kelly, 1978; Brumby, 1984; Greene, 1990; Pedersen, 1992).
- Traditionell undervisning verkar inte förbättra elevernas resultat (Halldén, 1988; Bishop & Anderson, 1990; Bizzo, 1994)

Några undersökningar ger exempel på strategier som lett till förbättrat lärande (Jimenez-Aleixandre, 1992; Jensen & Finley, 1995). Andersson och Bach (1995) ger en modell för att systematiskt utveckla undervisning. Dessa och flera andra undersökningar tas upp i två forskningsöversikter (Hewson, Beeth & Thorley, 1998 och Andersson, 2001).

Den grupp som jag följt i min undersökning fick en undervisning som lagts upp för att få eleverna att använda evolutionsteorin som redskap när de förklarar biologiska fenomen. Undervisningssekvensen får ses som ett pilotförsök och

beskrivs i Wallin, Hagman & Olander (2001a). Några av sekvensens bärande idéer är att

- poängtera skillnaden mellan slumpvisa och icke-slumpvisa processer
- lyfta upp elevernas egna uppfattningar i ljuset bl.a. genom smågruppsdiskussioner
- låta eleverna genomföra rollspel med historiskt material kring evolutionsteorins framväxt
- diskutera vad som räknas som vetenskap, dvs. behandla 'nature of science'
- ge många exempel på hur teorin kan användas.

Eleverna behöver mycket tid att vända och vrida på begreppen och artikulera sina ståndpunkter. Genom att uppmärksamma vardagsspråket borde eleverna ha lättare för att röra sig mellan vetenskapliga och vardagliga uttryckssätt. Ett exempel är skillnaden i innebörd mellan 'den starkaste överlever' och 'den mest lämpade överlever' (survival of the fittest). Om eleverna får möjlighet att använda evolutionsteorin i många nya situationer ökar chansen till långsiktig behållning.

Undersökningsgrupp

Den undersökta gruppen bestod av 51 elever från två klasser i samma skola där majoriteten av eleverna har svenska medelklassföräldrar. Skolan är kommunens enda gymnasieskola och vi finner därför de flesta elevkategorier här. Poängteras bör dock att samtliga i denna grupp valt naturvetenskapligt program som är studieförberedande och ganska krävande. Under tiden som undersökningen pågick var eleverna mellan 17 och 19 år gamla. Det var deras andra gymnasieår, de läste den obligatoriska kursen biologi A och båda klasserna undervisades av en lärare i projektgruppen. Undervisningssekvensen i evolution omfattar tolv timmar av kursens totala femtio. Samtliga som intervjuades och filmades gav sitt skriftliga medgivande till detta, med målsmans medgivande om eleven var omyndig. Tolv av eleverna utgör en slags kärngrupp eftersom de har deltagit i alla fem datainsamlingarna. (Angående urvalet av dessa, se avsnittet 'intervju' nedan)

Förtest

Två veckor innan undervisningen startade gjordes ett oförberett test. Avsikten var att undersöka elevernas förförståelse av centrala begrepp inom evolutionsteorin. Elevernas lärare fick tillgång till resultaten på gruppnivå som en information inför undervisningen om just denna grupp av elever. Testen utfördes genom att eleverna enskilt besvarade uppgifter direkt på datorer över nätet så att svaren gick in till en databas. Eleverna hittade på och angav en kod på fyra tecken som de skulle komma ihåg, detta för att kunna följa individer genom undersökningen. Hela testet bestod av tio uppgifter, dels öppna frågor, dels flervalsuppgifter och likertuppgifter. Denna studie tar upp de två uppgifter som explicit handlade om den biologiska variationens uppkomst. Den ena var en flervalsfråga och eleverna kunde bara välja ett alternativ – se figur 3.1.

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 arvsmassa.
3. Levande organismer strävar efter att utvecklas.
4. Det behövs stor variation för att få balans i naturen.

Välj ett alternativ!

Figur 3.1. Förtestuppgift om upphovet till biologisk variation.

Denna uppgift konstruerades av projektgruppen. Formuleringen av alternativ gjordes på grundval av dokumenterade uppfattningar som andra studier redovisat. (Brumby, 1984; Greene, 1990; Bishop & Anderson, 1990; Driver et al., 1994; Zohar & Ginossar, 1998).

I den andra uppgiften (figur 3.2) skulle eleverna använda 'likertskala' för att skatta i vilken mån de höll med om två påståenden samt motivera sitt svarsalternativ. Uppgiften har tidigare använts av Bishop & Anderson (1990) och Jensen & Finley (1995).

Änder är akvatiska (=vattenlevande) fåglar. Deras fötter är försedda med simhud och denna egenskap gör att de kan simma bra. Egenskapen att ha simhud på fötterna hos änder uppkom hos ändernas förfäder på grund av att:

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

Varför valde du detta svarsalternativ?

Figur 3.2. Förtestuppgift om orsaken till att simhud uppstod hos änder.

Flervalsfrågan medger som nämnts bara att eleverna väljer ett alternativ eller avstår att svara. Frågetypen ger snabba och direkta svar som lätt låter sig presenteras i t.ex. diagram. Formulering och val av svarsalternativ blir viktigt och främst har jag valt att använda alternativ som andra författare redovisat. Det borde öka sannolikheten att komma åt det jag avser att undersöka, dvs. elevernas förklaring till uppkomsten av variation.

Svaren på den öppna frågan har bedömts för de tolv eleverna i kärngruppen. Det har gått till så att var och en i projektgruppen först gjort en kategorisering av elevsvaren genom upprepad genomläsning. Vid en jämförelse visade sig våra bedömningar var mycket samstämmiga dvs. en god interbedömarreliabilitet har uppnåtts. Det skrivna svaret motsvarar bara till viss del elevernas uppfattningar.

De skriver kortfattat och det är svårt att bedöma hur seriösa de är. Halldén (1988) visar i sin undersökning hur svårt det är att dra några långtgående slutsatser om elevers tänkande utifrån hur de skriver.

Gruppdiskussioner

Undervisningen startade med två lektioner om arv, celldelning, gener och mutationer samt livets gemensamma ursprung. Vid mitt andra dokumentations-tillfälle, som inträffade efter dessa två lektioner, var de två klasserna (sammanlagt 48 elever) indelade i tre laborationsgrupper, sexton i varje och med nittio minuter till sitt förfogande. Man genomförde ett stationssystem där man ägnade sig åt tre olika moment, nämligen studier av människans utveckling, studier av fossil och gruppdiskussion om den biologiska variationens uppkomst. Läraren delade in eleverna i grupper om 3-5 elever som cirkulerade mellan stationerna. Varje lektionspass avslutades med en uppsamlade lärarledd diskussion kring vad som framkommit i grupperna. Gruppdiskussioner var som framgått en del av undervisningsidén och förekom ofta, dels i form av spontana grupper och dels i mer strukturerad form om centrala teman. Jimenez-Aleixandre (1992) har visat att diskussioner i mindre grupper följt av lärarens sammanfattning har positiv effekt på lärande. Sju grupper gick i tur och ordning in i ett angränsande rum, gavs instruktioner och lämnades ensamma med en videokamera. Sammanlagt filmades 29 elever med uppgift att diskutera den flervalssuppgift som de besvarat under förtestet. De ombads kommentera varje alternativ samt om möjligt nå konsensus om vilket alternativ som bäst förklarar den enorma variationen som existerar på jorden. Eleverna fick veta att läraren inte skulle se dessa inspelningar före kursens slut. Avsikten var att de skulle tala fritt och inte styras av exempelvis betygstankar. Resten av eleverna, 19 stycken, diskuterade samma uppgift fast i andra rum och utan kamera. I dessa grupper fanns då elever som inte ville bli filmade eller intervjuade.

Eybe & Schmidt (2000) har använt gruppdiskussioner för att dokumentera kemiundervisning. De menar att metoden kompletterar intervjuer genom att gruppdiskussionen mer liknar en normal undervisningssituation och ger deltagarna större frihet att uttrycka sig. Ett problem är den närmast oändliga informationsmängd som registreras av videokameran och som kräver stora kunskaper för att tolka t.ex. gruppdynamik och kroppsspråk. Jag har valt att bara tolka den verbala kommunikationen och presentera ett urval av citat.

En beskrivning av hur gruppdiskussioner kan användas för att dokumentera elevers uppfattningar ges av Wallin, Hagman & Olander (2001b).

Intervju

Tre dagar senare, vid nästa undervisningstillfälle, intervjuades 12 elever om begreppet variation och dess uppkomst. Intervjuerna skedde med en elev i taget under lektionstid i ett rum intill klassrummet. Även här fick eleverna veta att läraren inte skulle höra dessa inspelningar före kursens slut – allt för att öka elevernas frihet att uttrycka sig. Intervjuerna var delvis strukturerade och följde en intervjuguide. Allt spelades in på band och samtliga intervjuer utfördes av Anita Wallin. Urvalet av elever gjordes på grundval av deras svar på flervalssuppgiften från förtestet. För att få alla svarsalternativ representerade gjordes först en indelning av de tillgängliga eleverna i fyra grupper, enligt svarsalternativen. Inom dessa grupper valdes elever slumpvis och under den tillgängliga lektionstiden blev tolv intervjuer gjorda.

Intervjun tog väsentligen upp följande:

- En öppen fråga om variationens uppkomst.
- Kommentarer kring fyra alternativa påståenden (se figur 3.1).
- Val av alternativ som eleven föredrog nu och jämförelse med det alternativ som valdes vid förtestet.
- Om eleven ändrat sig efterfrågades skälet till förändringen.

Insamling av information kan ske under olika grad av standardisering och strukturering (Patel & Davidsson, 1991). I det här fallet fanns det fyra grundfrågor som gavs till alla och i samma ordning, däremot varierade följdfrågorna. Strukturering handlar om det svarsutrymme som den intervjuade får. Första frågeställningen var öppen och svarsutrymmet kan sägas vara stort. När det gäller de andra frågorna minskade utrymmet och följdfrågorna avsåg att nå något av de givna alternativen. I de fall som frågan trots det inte besvarades går det att dra slutsatser exempelvis om den ambivalens som den intervjuade kände. Intervjuerna skrevs ut ord för ord och en första analys gjordes inför ERIDOB:s (European Researchers in Didactic of Biology) konferens i Santiago de Compostela, Spanien under september 2000. Delar av intervjumaterialet är publicerat (Wallin et al, 2001a), dock har ytterligare bearbetning gjorts för denna studie.

Intervju som metod har flera begränsningar (Patel & Davidsson, 1991; Holme & Solvang, 1991 s. 110-125). Risken är att man styr den intervjuade för mycket eller lotsar fram mot ett på förhand tänkt svar. Mycket hänger också på den intervjuades motivering att delta samt den miljö och kontext som intervjun utförs i. I det här fallet var det ett frivilligt åtagande och anonymiteten garanterades. Miljön var avskild men välkänd och det fanns en frihet från den normala 'betygskontexten'.

Prov

Ett skriftligt prov avslutade undervisningen om evolution och genomfördes som aulaskrivning utan hjälpmedel. Provet bestod av tio öppna frågor och eleverna var medvetna om att det hade stor betydelse för betygssättning. En av frågorna var öppen och gällde den biologiska variationen: 'Levande organismer uppvisar en mängd olika egenskaper. Hur har denna enorma variation uppkommit?'. Läraren bedömde själv frågan och lämnade tillbaka provet efter att ha tagit en kopia. Bedömningen gjordes i två nivåer och utgick från vilka termer som använts. Naturligt urval samt antingen mutation eller slump ska finnas med för att få väl godkänt på frågan. Finns bara en av komponenterna bedöms svaret som godkänt.

Interbedömarreliabiliteten i det här fallet är något svagare än vid vår bedömning av andra öppna svar. Här hade läraren bestämt bedömningskategorier, rättningsmall, och det är utifrån dessa jag bedömer elevsvaren. Utgående från mallen är vi i stort sett överens om bedömningen. Provkonstruktion och bedömning av prov är ett problematiskt område som jag inte närmare går in på. Här beskrivs bara hur det gick till vid det här tillfället, och enligt min erfarenhet är detta ett vanligt sätt att hantera prov i gymnasieskolan.

Eftertest

Eftertestet gavs ungefär tio månader efter avslutad undervisning och var identiskt med förtestet sånär som på en utbytt fråga. Frågorna som är i fokus i denna undersökning kvarstod oförändrade. Testen genomfördes även denna gång oförberett och enskilt via dator. Svaren gick in i samma databas som den vilken användes vid förtestet. Ingen specifik undervisning om evolution förekom under mellantiden, men 40 av eleverna läste ytterligare en biologikurs. Ingen av dessa hänvisar i sina svar till det som behandlats i denna. Åtta av eleverna valde teknisk variant och läste ingen ytterligare biologi. Två av dessa ingår i kärngruppen och det går inte att utläsa att de skiljer ut sig i något hänseende.

Det övergripande syftet med eftertestet var att få en bild av elevernas långsiktiga behållning av undervisningen. Eftersom eleverna angav samma kod då de besvarade för- och eftertest var det möjligt att göra en jämförelse på individnivå vilket redovisas under 'begreppsutveckling' i resultatdelen.

Metodproblem

Varje datinsamlingsmetod har sina begränsningar och vid tolkningen tillstöter nya. Jag har beskrivit dessa tidigare under respektive rubrik och försökt motivera mina val. Här kommer jag in på generella metodproblem som bortfall, validitet och reliabilitet.

Alla elever erbjöds att svara på förtest/eftertest och bortfallet var 16 % vid förtest och 12 % vid eftertest. Det något större bortfallet vid förtestet hade tekniska orsaker, i övrigt handlar det om bl.a. sjukdom och elevrådsarbete. Jag efterfrågade skriftligt medgivande att delta i intervjuer och videofilmning. 36 av 51 elever gav ett snabbt ja-svar och därefter gjordes inga ytterligare ansträngningar. Hur detta urval påverkar utfallet är svårt att säga, men i gruppen fanns alla svarsalternativ representerade och med det lät jag mig nöja.

Validitet definieras enligt Nationalencyklopedin som 'den utsträckning i vilken ett mätinstrument mäter det man avser att mäta'. Vanligt är att man tittar på tidigare gjorda studier för att både få uppslag till design och kunna korrelera resultat. Det var också min utgångspunkt och litteraturgenomgången visar på de exempel som jag valt. Syftet var att fånga elevernas uppfattningar och hur de utvecklas. Undersökningsdesignen har försökt skapa stor frihet och variation för eleverna att uttrycka sig. De har erbjudits olika miljöer, både verbala och skriftliga uttryckssätt, i grupp och enskilt. Förhoppningen är att detta minskar risken att missa något och därmed ge god validitet. Här ställs dock eleverna inför i stort sett samma frågeställning vid flera tillfällen och de borde efterhand bli bättre på att svara på denna. Positiva förändringar kan alltså inte enbart härstamma från undervisning. Detta är ett problem vid alla longitudinella studier.

Under arbetets gång har vår projektgrupp och det ämnesdidaktiska kollegiet givit viktiga avstämningar. Två konferenser med fyra publicerade bidrag, som granskats av 'referees', har varit givande (Wallin et al., 2001a, Wallin et al., 2001b, Hagman, Olander & Wallin, 2001, Olander, Hagman & Wallin, 2001). Den typ av validitet som prövas på detta sätt kallar Patel & Davidsson (1991) innehållsvaliditet (sid. 86). De menar att man bör låta någon annan göra en logisk analys av instrumentet, gärna någon som är väl insatt i problemområdet. Shirley Booth (1992) väljer uttrycket 'kommunikativ' validitet (sid. 65), och det handlar om hur resultat kommuniceras till andra som är väl insatta i området.

Tillförlitligheten eller reliabiliteten handlar om 'hur väl instrumentet motstår slumpinflytande av olika slag' (Patel & Davidsson, 1991, sid. 86). Validitet och reliabilitet är kopplade på flera sätt. Exempelvis är hög reliabilitet ingen garanti för hög validitet. Svaren på en flervalsfråga kan registreras och summeras på ett reliabelt sätt, men om frågan uppfattas olika av eleverna blir resultatet svårtolkat. Låg reliabilitet ger däremot låg validitet och jag har använt olika tekniker för att minska inflytandet av slumpmässiga fel. Projektgruppen har hjälpt till vid bedömning när det gäller öppna frågor och vi har nått en god interbedömarreliabilitet. Granskningen vid konferenser och publicering borde också kunna öka graden av tillförlitlighet i resultaten.

RESULTAT

Förtest

Två uppgifter av tio handlade som framgått av kapitel 3 om variationens uppkomst. Flervaluppgiften och likertuppgiften redovisas utifrån valda alternativ (diagram 4.1 och 4.2 nedan). Sedan beskrivs svaren på den öppna frågan för 12 elever i form av några kategorier. Avslutningsvis presenteras data som styrker att dessa 12 utgör ett representativt urval.

Variationens uppkomst

På flervaluppgiften är alternativ två, slumpmässiga förändringar, det som bäst stämmer med den vetenskapliga synen på den biologiska variationens uppkomst. De övriga alternativen speglar andra dokumenterade elevuppfattningar. Dessa alternativ benämns i fortsättningen behov (alt.1), strävan (alt.3) och mål (alt.4).

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

- Egenskaperna uppkom när de behövdes
- Det har skett slumpvisa förändringar av organismernas arvs massa.
- Levande organismer strävar efter att utvecklas.
- Det behövs stor variation för att få balans i naturen.

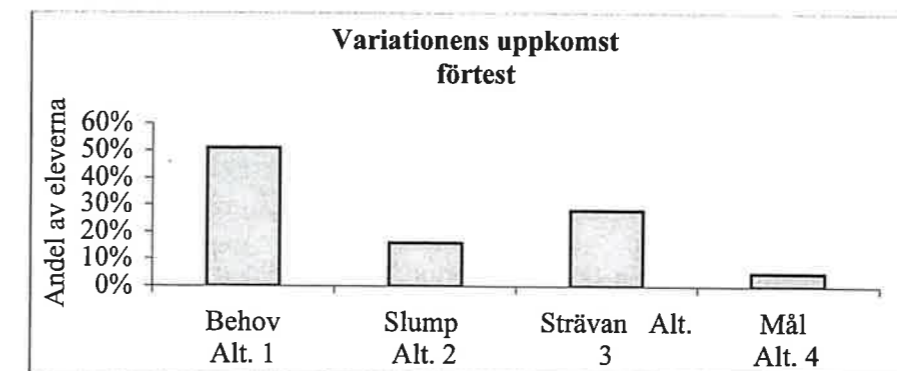


Diagram 4.1. Förtestuppgift, flerval. Fördelning av svar på alternativ. (n = 43)

Här väljer 85 % andra förklaringar än den med en slumpmässig komponent. Det betyder att dessa elevers svar i stort följer tidigare rapporterade studier om elevers uppfattningar före undervisning (Brumby, 1984; Greene, 1990; Bishop & Anderson, 1990; Driver et al., 1994; Zohar & Ginossar, 1998).

Uppkomst av en egenskap

När det gällde uppkomsten av en specifik egenskap fick eleverna dels skatta uppkomsten utefter en likertskala mellan behov och slump och dels ge en egen motivering. Uppgiften illustrerades med en bild på två simmande gräsänder. Eleverna ombads välja den siffra som stämde bäst med deras uppfattning samt förklara varför de valde detta alternativ.

Änder är akvatiska (=vattenlevande) fåglar. Deras fötter är försedda med simhud och denna egenskap gör att de kan simma bra. Egenskapen att ha simhud på fötterna hos ändrar uppkom hos ändernas förfäder på grund av att:

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

Varför valde du detta svarsalternativ?

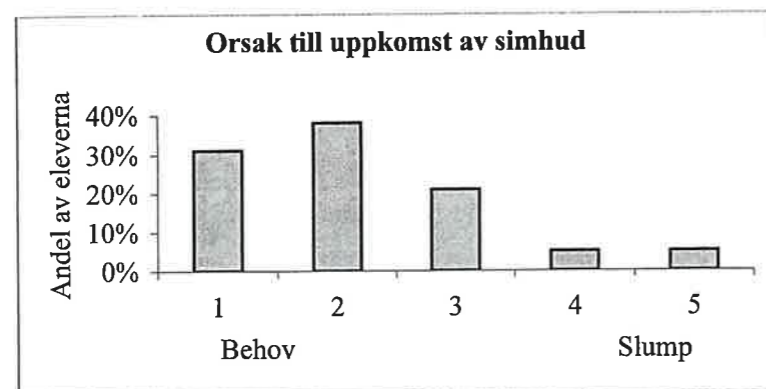


Diagram 4.2. Förtestuppgift, fördelning av svar på femgradig likertskala. (n = 42)

Som framgår är det en förskjutning mot 'behovsförklaringar'.

Motiveringarna är ofta ett relativt oproblematiskt accepterande av en utveckling, t.ex:

– Jag tror att eftersom ändrar alltid levde i vatten så har de behövt ett sätt att ta sig fram på i vatten. Resultatet blev simhud mellan 'tårna' (alt. 2)

För att hålla isär personerna i den tidigare nämnda kärngruppen (som deltagit i samtliga dokumentationstillfällen) har jag namngett dem. De sju flickorna kallas Anna, Bitte, Cissi, Diana, Elena, Frida samt Gry och de fem pojkarna kallas Axel, Bob, Cesar, David samt Eric.

När de ska motivera sina ställningstaganden resonerar fem elever med hänvisning till antingen slump och/eller mutation, exempelvis:

David: Mutationen uppkom utav slump men fenomenet levde vidare eftersom att simhud är fördelaktigt i vatten. (alt. 3)

Övriga sju i kärngruppen skriver allmänt om en utveckling, ofta kopplad till behov, t.ex:

Anna: Individer behöver utvecklas för att anpassa sig till omgivningen. Eftersom ändrar lever i vatten så krävs det något som kan underlätta deras simning. Genom att utveckla simhud så anpassar de sig till omgivningen (alt. 1)

Två av eleverna, Bob och Cesar, tillbakavisar slumpen

Bob: Jag tycker att det verkar logiskt. 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. (alt. 1)

Cesar: Evolution gör att 'ändrar' kan utvecklas på detta sätt om de nu lever i vatten. Det är ingen slump! (alt. 1)

Vissa svar pekar på mål och mening, t.ex.

Cissi: Ingenting uppkommer utan att det är någon mening med det. Genom de år som gått har ändarna utvecklat simhud. De ändarna som hade simhud klarade sig bättre och förde vidare dessa gener. (alt. 2)

Tabell 4.1. Uppkomst av egenskap, fördelning på likertskala från 1 till 5.

lickert-alternativ	kärngruppen (n=12)	alla elever (n=42)
1	4	12
2	3	14
3	3	9
4	0	3
5	1	3
ej svar	1	1

De tolv elever som ingår i kärngruppen svarar ungefär som hela gruppen (se tabell 4.1). Detta styrker att de utgör ett representativt urval.

Sammanfattning

Eleverna har svårt att se att slumpmässiga förändringar i arvsmassan påverkar de olikheter som en population uppvisar. Oavsett om de tar ställning till variation i stort eller en specifik egenskap så resonerar de i termer av en allmän utveckling som behövs. Bishop & Anderson (1990) antar att elever har svårt att skilja på kausala och funktionella förklaringar. För många elever räcker det att förklara funktionen av en viss egenskap för att förklara hur den utvecklats. När det gäller simhud hos ändrar anser eleverna att det faktum att dagens ändrar behöver simhud för att överleva är en tillräcklig förklaring till hur denna simhud har uppkommit.

Gruppdiskussioner

Uppgiften var att diskutera flervalssuppgiften från förtestet (figur 3.1). Eleverna ombads kommentera de fyra alternativen i tur och ordning och sammanfatta sin diskussion. Alla elever diskuterade uppgiften, men bara sju grupper videofilmades (de som givit sitt skriftliga tillstånd). De startade kameran själva, diskuterade, stängde av kameran och återvände till klassrummet.

Analys av gruppdiskussioner kan göras på flera plan och jag har valt att koncentrera mig på det som uttalas verbalt och i stort sett bara kring diskussionsämnet. Jag har försökt få fram de olika varianter av resonemang som eleverna använde om variationens uppkomst. Viktigt har också varit att få fram hur eleverna uppfattade de specifika alternativ som vi gett dem.

Redovisningen tar först upp hur de resonerar kring alternativen i tur och ordning och sedan följer en tabell med nyckelyttranden från samtliga deltagare dvs. det yttrande som tydligast visar en elevs uppfattning. Valet av nyckelyttranden är subjektivt och är tänkt att spegla den rika variation av föreställningar som dessa elever uttalar.

Alla sju grupperna redovisas först var för sig där elever som senare intervjuats, dvs. de som benämns 'kärngruppen' i den här studien namnges enligt vad som sagts i förra avsnittet. De övriga som deltar har fått en siffra mellan S1 och S17. Totalt deltog 29 elever, inklusive de tolv intervjuade, i diskussioner som tog mellan 7 och 21 minuter med ett medeltal på 13 minuter.

Grupp 1 (21 minuter)

Gruppen diskuterar först alternativ ett och två, 'behov' respektive 'slumpmässig mutation'.

S1: *Änder fick simhud för att de levde i vatten och behövde simma.*

Anna: *Så tror jag också ...*

Bitte: *Så här tror jag att det är. Det har skett slumpvisa förändringar av organismernas arvs massa, precis som det står, men de stannade kvar för att de behövdes.*

S1: *Det är som det där exemplet med DDT ...*

S2: *Jo i det speciella fallet eftersom det går så snabbt, men simhud tar mycket längre tid.*

Anna: *Jag skulle hålla med om ordet uppkom byttes ut mot utvecklades.*

Alternativ tre påstår att upphovet till variationen är att: 'Levande organismer strävar efter att utvecklas.' Ingen tycker att det stämmer bokstavligt men:

Anna: *... dom försöker ändå utvecklas, i alla fall människor.*

Bitte: *... sker inte förändringarna i könscellerna så spelar det ingen roll.*

Alternativ fyra är att 'det behövs stor variation för att få balans i naturen.' Detta alternativ vinner inte mycket gehör utan Bitte sammanfattar det som att:

Bitte: *... en stor mängd gener ger större beredskap inför miljöförändringar*

Nu vaknar Anna och vill få ett förtydligande.

Anna: *... vissa myggor fick DDT på sig men de dog inte utan de fick så lite att ...*

S1: *Du menar att dom fick antikroppar?*

Anna: *Ja och så förde dom det vidare till nästa generation.*

Bitte: *Nej, du tänker som om det var ett vaccin men det här finns ju i deras gener.*

S1: *Tänk på strålning men inte radioaktiv utan solstrålning. En ljus klarar inte lika mycket som en som redan har mörk hud ... det sitter i generna.*

Sammanfattning ges av Bitte som säger att hon och S1 anser att andra påståendet är riktigt. Anna och S2 tycker att alternativ två kan vara riktigt men menar att framförallt alternativ ett och tre spelar roll.

Tabell 4.2. Sammanfattning, diskussionsgrupp 1.

	Kön	Alternativ vid		Nyckelyttrande
		förtest	gruppdisk	
Anna	K	3	1 (2, 3)	... dom försöker ändå utvecklas, i alla fall människor
S1	K	1	2	Att tåla solstrålning är genetiskt, vaccinering är något annat.
S2	K	1	1 (2, 3)	Änder fick simhud för att de levde i vatten och behövde simma.
Bitte	K	2	2	Egenskaperna uppkom genom slumpvisa förändringar, men de stannade kvar för att de behövdes.

Här är en grupp elever som lyssnar på varandra och tillsammans reder ut flera frågetecken. De vågar ifrågasätta varandra och försöker hitta ett gemensamt språk.

- Bittes tolkning av ordet behov visar att hon tänkt ett steg längre och tar in det naturliga urvalet. En mutation som ger fördelar stannar kvar eller behövs i hennes språkbruk.
- När Anna tolkar det hela som ett vaccinationsförlopp anser hon att förändringen påverkas av omgivningen. Hon ser inte den befintliga variationen (Greene, 1990).
- Strävan är också ett besvärligt ord, speciellt om man som Anna och S1 här drar växlar på mänskligt beteende (antropomorfism).

Grupp 2 (12 minuter)

Detta är enda gruppen som inte riktigt förmår diskutera på ett helt seriöst sätt. Öppningen för gruppen är dock lovande:

- S6: *Det sker mutationer och dom som är bra dom lever vidare*
 Cissi: *Mutationer sker slumpvis och den mutation som är bra överlever.*
 S3: *Jag tycker trean verkar bra, för alla vill ju bli bättre*
 Cissi: *Jag tror faktiskt att det är tvåan ... och dom bra egenskaperna förs vidare.*
 S5: *Nej, jag tror inte det är mutationer.*
 S4: *Vad skulle det vara då?*
 S5: *Till exempel isbjörnar är ingen mutation bara anpassning, det är kamouflage*
 S4: *Det måste ju ha varit något fel från början som visade sig vara jättebra.*

Gruppen sammanfattar sig och säger att ingen tror på alternativ fyra men de tre övriga alternativen har anhängare.

Tabell 4.3. Sammanfattning, diskussionsgrupp 2.

	Kön	Alternativ vid		Nyckelyttrande
		förtest	gruppdisk	
S3	M	-	3 (1)	Jag tycker trean verkar bra för alla vill ju bli bättre.
S4	K	1	2 (1, 3)	Det måste ju vart något fel från början som visade sig vara jättebra.
S5	K	1	1 (2)	Isbjörnar är ingen mutation bara anpassning.
Cissi	K	1	2	Mutationer sker slumpvis och den mutation som är bra överlever.
S6	M	1	2	En ko som får en mutation med tre huvuden lever inte vidare.

- S3 antyder en medveten strävan, troligen tänker han på människor när han säger 'alla'

Grupp 3 (14 minuter)

En elev, S8, läser alternativen och fördelar ordet.

- Bob: *Jag anser att den första blir bra, men samtidigt att både ettan och tvåan stämmer. Tror mer på ettan för att om det nu var så att den uppkom slumpmässigt hur kan då alla djur som finns på jorden ha lyckats anpassa sig till sin miljö. Det tycker jag är ganska konstigt, därför tror jag mer på att dom utvecklar det som behövs.*
 S8: *Jag tror mer på tvåan*
 S7: *Jag tycker tvåan är rätt... Alla muslimer skär av förhuden och det har dom gjort i hur många år som helst, men deras barn har hela tiden fått förhud.*
 Bob: *Därför att det inte är nödvändigt, dom behöver det inte för att överleva.*
 S7: *Även om dom vill förändra sig så går det inte.*
 Axel: *Det är samma med Michel Jackson. Det är ju självklart att Michel Jacksons unge blir neger, mörkhyad. Hans gener ändras inte bara för att han blir vit.*

Diskussionen går i höga vågor och man kommer fram till alternativ tre, 'strävan'.

- Axel: *Naturligtvis strävar dom efter att utvecklas ...*
 S8: *... men antagligen kan dom inte påverka det, det beror på slumpen.*
 S7: *Det var ju det jag sa om förhuden .*
 Bob: *SLUMPEN! Är det slumpen som gör att vi har förhud?*
 S8: *Vänta lite nu ... vi kom ju nyss fram till att evolutionen pågår för att arten ska överleva och förhuden har inget med överlevnad att göra.*
 Bob: *Just det.*
 S7: *Det har det väl ... jag vill bara säga att det handlar om könsceller ...*
 Axel: *Du menar att det är där mutationerna sker, som lever vidare.*
 S7: *Just det.*

Sammanfattning görs av S7 med bistånd av övriga, främst Axel: 'Slump och behov ändrar anlagen i könscellerna så att organismerna ändras hela tiden. Antagligen sker detta i naturen för att arten ska överleva bättre gentemot andra arter.'

Tabell 4.4. Sammanfattning, diskussionsgrupp 3.

	Kön	Alternativ vid		Nyckelyttrande
		förtest	gruppdisk	
S7	M	2	2	Även om dom vill förändra sig så går det inte. Det handlar om könscellerna.
S8	M	1	2 (1)	Egentligen vill jag tro att dom utvecklat det själva, men det kan dom ju inte, utan det händer i generna.
Axel	M	3	2 (3)	Det är alltid dom bäst anpassade som överlever. Hans (M.J) gener ändras ju inte för att han blir vit.
Bob	M	3	1	Om det nu var så att den uppkom slumpmässigt hur kan då alla djur som finns på jorden ha lyckats anpassa sig till sin miljö.

Gruppen blir ibland oense och högljudd, men oftast leder det till att åsikterna förfinas. De orkar inte ta tag i alternativ fyra. S8 spelar rollen av (självutnämnd) ledare. Axel trivs med detta då han får mycket tid att tala. Bob är tystare och lyssnar noga på S8. S7 kämpar i motvind men har ett intressant exempel som gör att de andra lyssnar.

- Bob visar tydligt sin motvilja mot slumpen som förklaringsmodell.
- Begreppet 'Lamarkism' dvs. tanken att förvärvade egenskaper ärvs dyker upp här. Intressant att S7 hittar ett eget exempel som han tycker visar att idén är fel. Bob ger sig dock inte utan förfäktar idén om att 'nödvändiga' förvärvade egenskaper ärvs.
- Tanken att evolutionen är till för att arten ska överleva var länge en accepterad modell.

Grupp 4 (7 minuter)

Medlemmarna startar med att läsa tyst och ger sedan sin syn på frågan:

Cesar: *Vi har ju lärt oss nu att det är tvåan.*

Elena: *Det uppkommer dels av slump men också för att det behövs.*

Diana: *Då kan ju fyran vara rätt också*

S9: *Jag tror bara på tvåan*

Nu börjar Diana och Elena att tala snabbt och fylla i åt varandra. De två övriga nickar mest instämmande eller ser tvivlande ut.

Elena: *... det behövdes. Det har skett slumpvis men det behövde ske.*

Diana: *Ja för att det skulle bli en stor variation i naturen.*

Elena: *Nja från början behövdes det inte. Det fanns kanske bara ett enda kattdjur och då kunde det rumstera om som det ville... Men ju mer trädet grenade ut sig desto skyggare blev dom, ju mer olika blev dom. Våra huskatter är ju släkt med leoparden men de är ju inte speciellt lika. De har utvecklats olika för att ta olika platser, för att få något att äta ...*

Diana: *Jag satte också ettan vid förra testet men det var kanske fel.*

Elena: *Arter har inte rådslag, men helt slumpvis tror jag inte att det är. Det måste ju finnas...*

Diana: *... någon tanke bakom.*

Elena: *Nej inte tanke just... Men de som är bäst överlevde.*

Cesar: *Då är det ju bara en som är rätt, tvåan.*

Elena: *Ja tvåan är mest rätt.*

Diana: *Ja okej då, men då kommer ju de egenskaper som just de behövde.*

Elena: *Fast det kom kanske femton egenskaper och de flesta behövdes inte.*

S9: *Det är bara de mutationer som visade sig vara bra som blev fler och fler.*

Elena sammanfattar för sin och Dianas del att 'Tvåan är det som är först och sedan ett därefter fyra och trean sist'. Cesar och S9 anser att tvåan är det enda rätta.

Tabell 4.5. Sammanfattning, diskussionsgrupp 4.

	Kön	Alternativ vid		Nyckelyttrande
		förtest	gruppdisk	
Cesar	M	3	2	Vi har ju lärt oss nu att det är tvåan
Diana	K	4	2 (1,4, 3)	... någon tanke bakom ...
Elena	K	3	2 (1,4, 3)	Det uppkommer dels av slump men också för att det behövs
S9	M	2	1	Det är bara de mutationer som visade sig vara bra som blev fler och fler.

- Tanken som Elena har att det finns platser (nischer) i naturen som bara väntar på att besättas är vanlig bland elever. Kan vara en frukt av skolans ekologiundervisning.
- En tolkning av Dianas synpunkter kan vara att hon ser en 'mening i sammanhagen i naturen' (Uddenberg, 1998)
- Cesar verkar redan ha accepterat den inledande undervisningen och tar till sig den nya förklaringsmodell relativt enkelt.

Grupp 5 (7 minuter)

Gruppen väljer relativt demokratiskt S13 till att läsa och han börjar med att läsa upp alla alternativen. Därefter tar han ett och ett.

S13: *Alternativ ett säger att egenskaperna uppkom när de behövdes. Tror vi på det?*

S11: *Det tror jag. Kommer ni ihåg dom där cikliderna som han pratade om sist som hade hoppat över till en annan sjö där det var helt andra levnadsförhållanden alltså måste dom ju utvecklas efter dom.*

S12: *Precis.*

David: *Nej förändringarna är slumpmässiga och dom som har rätt förändringar dom överlever.*

S12: *Precis*

S10: *Det kan ju inte vara några som bara får rätt förändringar. Apor kan ju inte bara få sådana här slumpvisa så att dom blir bra på att klättra.*

S12: *Precis det kan ju inte bara vara slumpvisa förändringar.*

David: *Jo. Dom som har varit kassa som dom flesta är dom dör ju.*

S12: *Jojo dom starkare överlever.*

S11: *Var det inte DNA kedjan som ändrades.*

David: *Nej, en del av DNA förändrades slumpmässigt.*

S11: *Så dom utvecklades inte efter behov?*

David: *På sätt och vis ... det beror på hur man ser det ... om man ser det som en hel art är det kanske möjligt.*

S13: *Tvåan då?*

Här håller alla med. (... det sker hela tiden ...)

S13: *Trean?*

David: *Individen strävar inte efter att utvecklas, arten möjligtvis.*

S12: *Fast du strävar ju efter att utvecklas ...*

David: *Jo, men inte så ...*

S13: *Fyran?*

Ingen tycker den verkar trolig speciellt inte efter att S13 har läst om frågan så att det klart framgår att man söker upphovet till variationen.

Sammanfattning: S13 konstaterar att alternativ två verkar mest rätt, möjligen kan det ligga något i ettan.

Tabell 4.6. Sammanfattning, diskussionsgrupp 5.

	Kön	Alternativ vid		Nyckelyttrande
		förtest	gruppdisk	
S10	M	1	2 (1)	Det kan ju inte vara några som bara får rätt förändringar.
David	M	1	2	Individer strävar inte efter att utvecklas, arter möjligtvis.
S11	M	1	2	... dom där cikliderna ... som hade hoppat över till en annan sjö där det var helt andra levnadsförhållanden alltså måste dom ju utvecklas efter dom.
S12	M	-	2	Det kan ju inte bara var slumpmässigt?.
S13	M	2	2	Alternativ fyra: Upphovet till variationen är att det behövs variation i naturen, det måste vara fel.

- David verkar ha hög status kunskapsmässigt. När han yttrar sig lyssnar övriga gruppen och det är till honom man ställer frågor. Eftersom han redan från första början talar om slumpmässiga förändringar i DNA så är det dit de övriga vill komma.
- Slumpen är svår. Tre av deltagarna verkar uppfatta att teorin säger att slumpen är den enda processen. Då får de problem eftersom de inte ser kopplingen till det naturliga urvalet.
- David för ett resonemang om strävan, där han är osäker på om arter strävar (se grupp 1). Även för biologer har detta varit ett problemområde. Uttryck som '... för artens bästa ...' var fram till 40-talet vanligt.
- Undervisningen kommer fram här genom att S11 tar upp ett exempel som läraren gett. Det handlade om en till det yttre ganska enhetlig population av ciklider som hamnade i en ny sjö. Idag uppvisar fiskarna en mängd olika egenskaper ex. färg, beteende, storlek etc. Denna elev tolkade uppenbarligen exemplet som en individuell anpassning som svar på förändrade levnadsförhållanden. Gruppdiskussionen blir då viktig för att klargöra att det rör sig om en redan existerande variation, i den ursprungliga populationen, som det naturliga urvalet kan verka på.

Grupp 6 (20 minuter)

Eleven S16 är utbytesstudent och förstår ännu inte svenska så bra, varför han sitter tyst under hela diskussionen. Eric leder diskussionen och startar med alternativ ett, 'behov'.

Eric: ... då tar vi det mest extrema ... efter ett kärnvapenkrig skulle man då utveckla någon typ av antistrålningsgrej ...

S15: Nej, det utvecklas lite efter hand hela tiden ... t.ex. när djuren går upp på land så försvinner simhuden.

S14: ... är det något som inte behövs så försvinner det efter ett tag.

Eric: Tvåan då, det har skett slumpvisa förändringar ... slump liksom, vad är det?

S15: Det har det ju gjort, men allting kan ju inte ske av en slump.

Eric: Nej.

S15: Eftersom de som är i Afrika är svarta för att de ska skydda sig emot solen.

Eric: Trean då ... levande organismer strävar efter att utvecklas. Det skulle ju vara att på något sätt vill våra gener utvecklas och det är ju inte så troligt ... på sätt och vis stämmer det, men det är ju automatiskt. Jag tror inte det ligger i generna.

Eric: Fyran ... det behövs stor variation ...

S15: Variation i vadå?

Eric: Tja ... jag tror mest på tvåan, men det är en blandning av alla. Det är ju slump, men dom som behövs överlever ju.

Sammanfattning: S14 och S15 håller mest på alternativ två med inslag av behov. Eric vill ha tvåan först och sedan lite av alla de andra.

Tabell 4.7. Sammanfattning, diskussionsgrupp 6.

	Kön	Alternativ vid		Nyckelyttrande
		förtest	gruppdisk	
S14	M	-	2 (1)	... är det något som inte behövs så försvinner det efter ett tag
S15	K	3	2 (1)	Det har det ju gjort, men allting kan ju inte ske av en slump
Eric	M	2	2 (1,3,4)	Det är ju slump, men dom som behövs överlever
S16	M	-	-	-

- Alla verkar ha problem med att se slumpen som enda drivkraft.
- Exemplet med hudfärgen i Afrika (S15) pekar på att han ser funktionen av en egenskap både som orsak och verkan (Bishop & Anderson, 1990).

Grupp 7 (9 minuter)

Gruppen tar alla alternativ på en gång.

- Gry: Jag tror att egenskaperna uppkom för att de behövdes ... för att dom förändrade sig till det bättre inte till det sämre.
- Frida: ... inte alltid, det måste ha skett någon mutation i generna för att dom ska uppkomma.
- S17: Men ingen sån mutation som var helt felaktig utan lite genomtänkt.
- Gry: Kolla på dinosaurierna, hur fick dom vingar? Fick dom först en mutation och sen en mutation och sen ... och till sist hade dom vingar, det är en långsam process.
- Frida: Någonstans i koden måste det ändras för att dom ska få fjädrar.
- S17: Det går långsamt ... det sker inte i ett hopp.
- Gry: Jag tror att det finns lite olika. En är en anpassning som sker pga. att man vill anpassa sig till det bättre medan en kan vara slumpvisa förändringar.
- Frida: Det är en kombination av alla. För det är också så här att variation behövs för att få balans i naturen
- Gry: Fast trean låter lite fel ...
- S17: Det beror ju på vad man menar med att utvecklas för jag tror att alltid ... Vi strävar efter ... ny bil.
- Gry: Fortsätter vi människor att utvecklas?
- S17: Kanske inte fysiskt men med materiella saker ...
- Gry: Egentligen är det ju rätt rimligt att det skett en slumpvis förändring Ta det här med mongoloida, då har det ju hänt någon mutation, alla dom avkommor han får har då drag av mongoloid. ... det är inte så många utvecklingsstörda får möjlighet att avla vidare, för då hade det ju blivit många fler av dom ... förändringen kan ha skett och då utvecklas den vidare.

Tabell 4.8. Sammanfattning för diskussionsgrupp 7.

	Kön	Alternativ vid		Nyckelyttrande
		förtest	gruppdisk	
S17	K	1	?	Men ingen sån mutation som var helt felaktig utan lite genomtänkt
Frida	K	3	2 (1,3,4)	Det måste ha skett någon mutation i generna för att dom ska uppkomma.
Gry	K	1	1,2	Egentligen är det ju rätt rimligt att det skett en slumpvis förändring

- Här har Gry problem med sin behovsstyrning, men hon argumenterar sig själv fram till mutationernas betydelse i fallet med utvecklingsstörning.
- S17 bestämmer sig aldrig för något alternativ, men talar ofta om 'det genomtänkta'.

Intervju

Intervjun med de tolv eleverna i kärngruppen genomfördes under det fjärde arbetspasset av undervisningssekvensen, tre dagar efter gruppdiskussionen. Intervjun tog väsentligen upp:

- en öppen fråga om variationens uppkomst
- kommentarer kring fyra alternativa påståenden (uppgiften i figur 3.1)
- val av alternativ som eleven föredrog nu respektive vid förtestet.
- om eleven ändrat sig så efterfrågades skälet till förändringen.

Samtliga intervjuer startade med att intervjuledaren (I) sa att intervjun skulle spelas in på band, eftersom det inte gick att lägga allt som sades på minnet. Eleven upplystes också om att den ordinarie läraren inte skulle få ta del av innehållet före betygssättning.

Intervjuerna startade med en öppen fråga:

I: I måndags diskuterade ni en fråga från det inledande testet som handlade om variation. Hur anser du att den variation som finns har uppkommit?

Elva av de tolv eleverna svarade spontant med att ange mutationer och/eller genetisk förändring, ex:

Anna: Jo det är av mutationer som har skett liksom i kroppen på olika arter. En sån mutation kan vara positiv eller negativ.

Elena: Jo, jag tror i första hand att den har uppkommit genom slumpvisa förändringar i arvsmassan.

En elev har en annan tolkning:

Bob: Jag ansåg att det uppkom efter behov, tycker jag det är svårt att förklara... alla djur är anpassade efter sin miljö jag tror inte allting kan bara uppkomma av slumpen.

Eleven förklarade med termer som behov och anpassning och angav speciellt att slump är en problematisk term. Fyra andra elever tar inte heller spontant upp slumpen utan anger bara mutationer som skäl till uppkomsten.

Därefter gick intervjun över till flervalsuppgiften från förtestet. Eleverna ombads först kommentera de fyra alternativen ett och ett. Kommentarerna kategoriserades i tre nivåer utifrån hur väl eleverna tyckte de svarade mot variationens uppkomst (tabell 4.9).

Tabell 4.9. Variationens uppkomst. Fördelning på hur väl eleverna instämmer i olika alternativ (n=12)

Alternativ	Instämmer		
	helt	delvis	inte
1. 'Behov'	0	8	2
2. 'Slump'	7	4	0
3. 'Strävan'	4	2	6
4. 'Mål'	8	0	4

Alternativ 1: 'Egenskaperna uppkom när de behövdes'

De flesta elever, åtta av tolv, instämmer delvis i detta yttrande, exempelvis:

Axel: *Ja, jag tror att egenskaper uppkom när de behövdes men det är inte avsiktligt utan det är mutationer.*

Vissa elever skiljer mellan uppkomsten av variation och bevarandet av vissa egenskaper, ex:

Diana: *... man också säga att dom uppkom ... inte direkt när dom behövdes men ... dom som behövdes bevarades så det är ju lite samma sak.*

De två som avvisar alternativet argumenterar exempelvis så här:

Bitte: *... jag tror inte dom uppkommer för att man känner att man behöver lite simhud och då får man den.*

Alternativ 2: 'Det har skett slumpvisa förändringar av organismernas arvs massa'

Fyra elever instämmer delvis eftersom de ser kopplingar till alternativet om 'behov'

Anna: *...det är lite mer tvåan då att det hade skett slumpvisa förändringar ... om simhud dök upp som en egenskap och då behövdes så fortsatte den här egenskapen.*

De sju elever som instämmer helt använder argument som exempelvis:

Elena: *För det första så har det ju skett slumpvisa förändringar i arvs massan för det gör det ju liksom hela tiden... dom kom kanske inte för att dom behövdes just då men dom kom ...*

Alternativ 3: 'Levande organismer strävar efter att utvecklas'

De sex elever som instämmer, helt eller delvis, i påståendet använder två olika typer av argument. Fyra har antropomorfistiska skäl dvs. man tar människan som exempel:

Frida: *... det är självklart att man strävar efter att typ utvecklas man vill inte bli kvar på samma plats hela ja livet.*

Två elever resonerar i termer av individuell anpassning, exempelvis:

David: *... men dom försöker anpassa sig till den miljö där dom hamnar.*

De sex som tillbakavisar påståendet säger exempelvis:

Eric: *... ur en vinkel är det ju rätt, men det sker ju varken dom vill det eller inte så det är ju ändå inte riktigt.*

Alternativ 4: 'Det behövs stor variation för att få balans i naturen'

Åtta av tolv elever instämmer, men många instämmer troligen i påståendet som sådant dvs. att det behövs stor variation för balansens skull, ett exempel som tyder på detta är:

Bitte: *... just därför är det bra att det finns så många olika som möjligt som bär på så många olika anlag som möjligt, så i fall behövs det.*

Formuleringen av detta alternativ är olycklig eftersom det inte är självklart att eleverna kopplar det till variationens uppkomst. De fyra elever som avvisar påståendet verkar se det som en konsekvens av evolutionen, exempelvis:

Elena: *... då blev det stor variation i naturen ...*

Under tredje delen av intervjun ombads eleverna välja ett av de fyra alternativen som de just då ansåg bäst förklarade variationens uppkomst (diagram 4.3). Åtta av eleverna hade ändrat sig och sju av dessa mot alternativet 'mutation'. Bland de fyra elever som inte ändrat sig finns de enda två som valt alternativ 'mutation' på förtestet. De håller fast vid sitt alternativ, är säkra på sin sak och är bland de tre som kommer ihåg sitt val. Ytterligare två elever håller fast vid sitt tidigare val, men båda är osäkra och har alternativen 'behov' och 'strävan'.

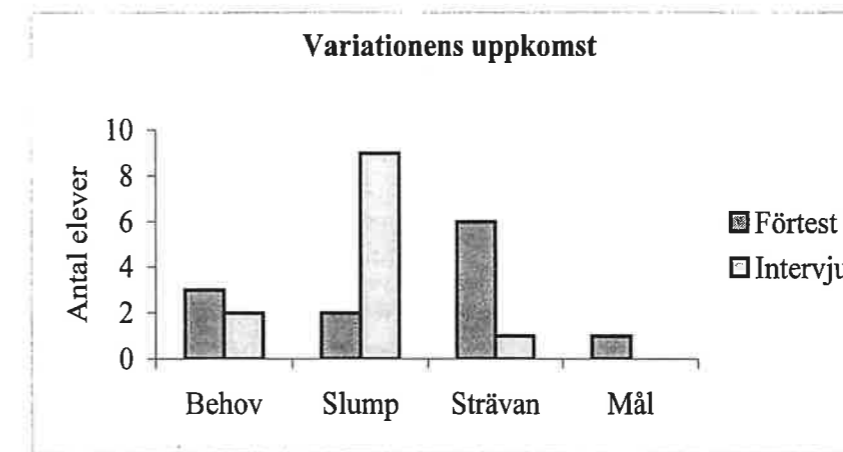


Diagram 4.3. Val av alternativ bland de tolv intervjuade eleverna

Skälen som angavs för att ha bytt svarsalternativ är: undervisningen (7 elever), läroboken (3 elever) och/eller eget tänkande (3 elever). De flesta elever verkar inte ha några stora problem med att byta alternativ utan det följer av undervisning, t.ex.

Gry: *Jag fattade nog inte vad det betydde då. Organismernas arvs massa ... då hade vi inte ens gått igenom det här med DNA ... det har jag aldrig läst om innan heller.*

Elena: *Vi har ju pratat om det eller magistern har ju pratat mycket om mutationer och sånt och då har man ju fått reda på att det sker ju slumpvisa förändringar.*

Sammanfattning

De flesta väljer nu det alternativ som undervisningen förespråkar. Skälen är dels tankar som fötts dels vid gruppdiskussion och dels nya insikter i genetik. Osäkerheten är dock stor och det är framförallt ordet behov som många tolkar som användbart. De går vidare till nästa steg i evolutionsteorin och tänker att 'det naturliga urvalet gynnar de egenskaper som behövs'.

Skriftligt prov

Det skriftliga provet avslutade undervisningen inom avsnittet evolution och genomfördes som aulaskrivning utan hjälpmedel. Provet bestod av tio öppna frågor och eleverna visste att det hade stor betydelse inför betygssättningen. Provets första fråga löd: 'Levande organismer uppvisar en mängd olika egenskaper. Hur har denna enorma variation uppkommit?'

Tabell 4.8. Tolv elevers användning av termer under skriftligt test.

Elev	Val av term som förklaring			Bedömning av variationsfråga	Bedömning av hela provet
	Slump	Mutation	Naturligt urval		
Anna		x		G	Mvg-
Bitte	x	x	x	Vg	Mvg
Cissi		x		G	Vg+
Axel		x	x	Vg	Mvg-
Bob	x	x	x	Vg	Vg
Cesar			x	G	Vg
Diana	Anger bara anpassning			G?	Vg
Elena	x	x	x	Vg	Vg
David			x	G	Vg-
Eric	x	x	x	Vg	G
Frida	x	x	x	Vg	Vg
Gry		x	x	Vg	Mvg

Läraren har bedömt svaren utifrån vilka termer som använts. Naturligt urval samt antingen mutation eller slump ska finnas med för att få väl godkänt på frågan, finns bara en av komponenterna bedöms svaret som godkänt. Ett kort svar utan förklaringar kunde ge betyget väl godkänt exempelvis:

Eric: *Slumpmässiga mutationer som gynnats av naturligt urval åtminstone de som finns idag.*

Detta är ett vanligt sätt att hantera vårt kriterierelaterade betygssystem i en provsituation. Alla frågor bedöms enligt skalan godkänt, väl godkänt eller ej godkänt. Ett visst antal svar i nivån väl godkänt kan ge provet som helhet en bedömning som mycket väl godkänt.

Eftertest

Tio månader efter avslutad undervisning gavs ett eftertest som i stort sett liknade förtestet. En fråga var utbytt mellan för- och eftertest, dock ingen av de frågor som används i denna studie. Eleverna fick även denna gång svara oförberett och enskilt framför datorn. Svaren skickades direkt in till databasen och eleverna använde samma kod som vid förtestet. Det var nu möjligt att, med hjälp av koden, få en bild av långtidseffekten av undervisningen på grupp- och individnivå. Diagrammet nedan visar förändringen i svarsalternativ för flervalsfrågan (diagram 4.4.):

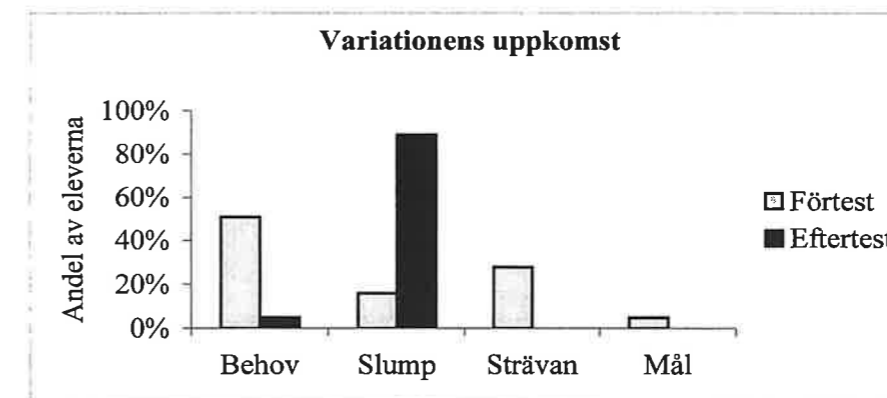


Diagram 4.4. Jämförelse mellan för- och eftertest, flerval. (n = 43 resp 47)

Majoriteten av eleverna (89 %) väljer ett år efter undervisningen det alternativ som talar om slump och mutationer. Samtliga tolv elever i kärngruppen väljer alternativet 'slumpmässiga förändringar' vid detta eftertest.

En fråga om simhudens uppkomst hos änder besvarades av eleverna som en skattnings mellan behov och slump (diagram 4.5) och visar en kraftig förskjutning åt höger från för- till eftertest. Eleverna anser alltså ett år efter undervisning att egenskaper uppkommer genom slumpvisa mutationer, precis det som undervisningen avsåg att understryka.

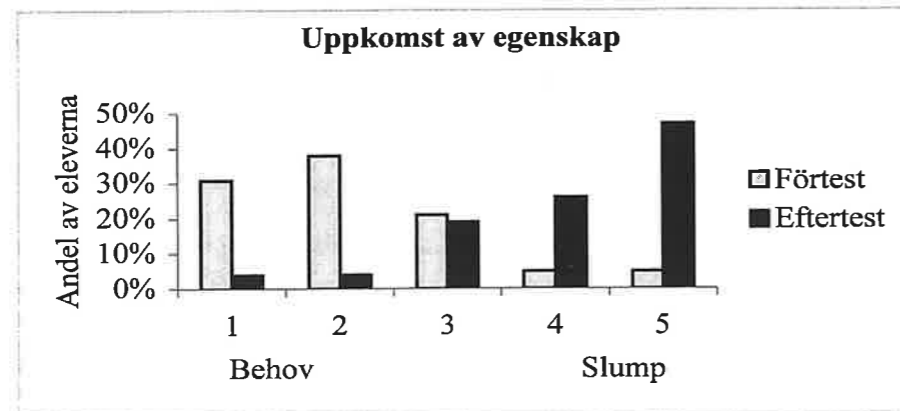


Diagram 4.5. Jämförelse mellan för- och eftertest, likert (n =43 resp. 47)

På den här frågan om änderna kunde eleverna också motivera sina svar. I den grupp som specialstuderats har nu alla tolv eleverna motiveringar som innehåller slump och/eller mutationer som förklaringsmodell. Tio elever går också vidare och skriver om det naturliga urvalet.

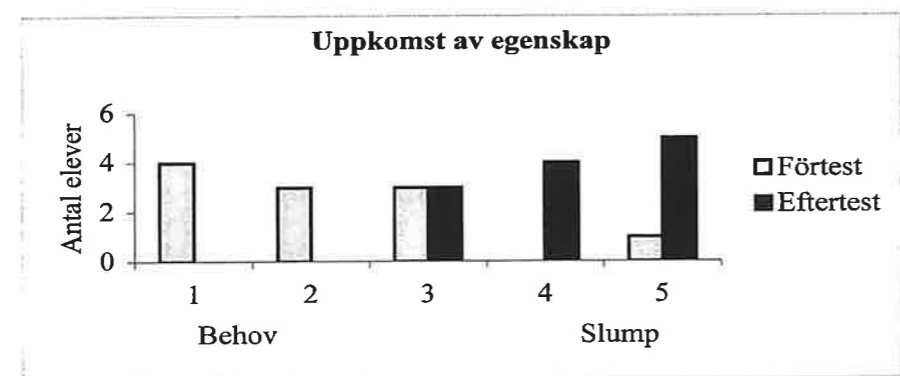


Diagram 4.6. Svar från 12 intervjuade elever (förtestet besvarades av 11 elever)

Cesar är en elev som gått mellan ytterligheterna och hans korta motiveringar är:

Förtet, alt 1: *Evolution gör att 'änder' kan utvecklas på detta sätt om de nu lever i vatten. Det är ingen slump!*

Eftertest, alt 5: *De som slumpmässigt fått simhud har klarat sig bättre och på så sätt fått fler avkomma och denna gen med simhud har överlevt.*

Hos Cissi kan man se att trots att hon vid förtestet skrev om det naturliga urvalet så antyder hon en 'mening med det', antagligen är det därför hon tillbakavisar 'slumpen'. På eftertestet finns ingenting av detta kvar.

Förtet, alt 2: *Inte ingenting uppkommer utan att det är någon mening med det. Genom de år som gått har änderna utvecklat simhud. De änderna som hade simhud klarade sig bättre och förde vidare dessa gener.*

Eftertest, alt 4: *Först skedde en mutation. Det var troligtvis en fördel att kunna simma fortare som gjorde att dessa ändrar fick fler avkomor.*

Avsikten med ett test en tid efter undervisningen är ett försök att fånga upp 'vad som finns kvar när man glömt det man lärt'. Tidigare studier rapporterar ofta att eleverna återvänder till vardagsförklaringar när de väl lämnat undervisningsmomentet. På de två frågor som redovisas ovan har inte eleverna återvänt till sin tidigare förklaringsmodell.

Begreppsutveckling

Bitte – goda förkunskaper som utvecklas

Hon är redan från början inne på att det är slumpmässiga förändringar som ligger bakom den biologiska variationen. På förtestet väljer hon det alternativet i flervalsfrågan och när hon skattar orsaken till uppkomst av simhud hos ändrar väljer hon fem på likertskalan dvs. mutationer. Hon förklarar sitt val med att hänvisa till mutationer i könscellernas DNA och verkar också ha processen kring det naturliga urvalet klart för sig:

– *När väl en förändring skett, visar det sig om just denna förändring passar in i artens omgivning.*

Vid gruppdiskussionen försökte hon övertyga sina kamrater om att det av en slump uppstår olikheter (mutationer), det är inte något som induceras av en utomstående agent som ex. vid vaccination. I den här diskussionen formulerade hon också ett sätt att använda ordet behov som binder samman begreppen och inte strider mot evolutionsteorin:

– *Egenskaperna uppkom genom slumpvisa förändringar, men de stannade kvar för att de behövdes*

Den öppna frågan vid intervjun besvarar hon mångordigt och med klara distinktioner mellan biologiska begrepp som individ och population. När Bitte valde alternativ höll hon helt med om att orsaken till variationens uppkomst är slumpvisa förändringar i arvsmassan (hon tillbakavisade behov och strävan).

– *Jag tror inte dom uppkommer för att man känner att man behöver lite simhud och då får jag de... Det sker slumpmässiga förändringar och sen så stannar det kvar när det behövs.*

När hon resonerade sig till att det behövs stor variation för att få balans i naturen:

– *Det behövs ju massor av olika egenskaper, man vet aldrig vad som kan behövas och om just dom kommer att överleva, så det behövs alltid en stor variation det tror jag.*

Hennes argumentation ett år senare vid eftertestet är kanske ännu klarare eftersom hon tydligt definierar evolution som en förändring av en egenskaps frekvens inom en population:

– Upphovet till simhuden skedde dock genom slumpmässiga mutationer, där varje förändring från ursprungsstadiet, mot den simhud vi idag kan observera, måste ha gynnats, och därför blivit allt vanligare bland populationen.

Bitte är ett exempel på en elev med goda förkunskaper och som utvecklar och förfinar sina resonemang. Gruppdiskussionen gav henne chans att se andra tolkningsmöjligheter och hon försöker övertyga de andra gruppmedlemmarna.

Även David ger ganska bra svar vid förtest och argumenterar väl vid gruppdiskussionen och intervju. Han ger korrekta svar tio månader senare men inte lika utvecklat som Bitte.

Bob – slumpen ställer till problem

Han brottas länge med begreppen slump, behov och strävan. Vid förtestet väljer han alternativet strävan som skäl till variationens uppkomst. Det alternativet saknas som valbart alternativ när han ska bedöma simhudens uppkomst hos änder och han tar då till behov som drivkraft och uttrycker explicit att den inte uppkom av slump:

– 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.

Under gruppdiskussionen fortsätter han argumenteringen

– ...om det nu var så att den uppkom slumpmässigt hur kan då alla djur som finns på jorden ha lyckats anpassa sig till sin miljö.

Han ser funktionen av egenskaper t.ex. den intrikata anpassningen hos djur, som ett skäl till att det har uppstått. Det är det som Bishop & Anderson (1990) uttrycker som 'problem att skilja på kausala och funktionella förklaringar'. När han konfronteras med exemplet angående omskärelse dvs. att pojkar föds med förhud trots många generationers operationer, löser han den konflikten med att säga:

– Därför att det inte är nödvändigt, dom behöver det inte för att överleva

Man kan tolka Bobs argumentering som 'Lamarkism' i dess grundbetydelse dvs. att förvärvade egenskaper ärvs vidare fast i Bobs version, 'de nyttiga egenskaperna'.

När han intervjuas tre dagar senare tar han upp att han kände sig ensam om sin ståndpunkt vid gruppdiskussionen, men hävdar fortfarande att det verkar otroligt att allting bara kan uppkomma av slumpen:

– Isbjörnar och älgar har anpassat sig efter sitt liv, så det kan inte bara vara slumpen

Han känner sig säker på alternativ ett angående behov och talar om djurs anpassning. Gruppdiskussionen har dock fått honom att börja fundera och han säger att genom strävan kan utveckling inte ske.

Vid provtillfället och eftertest har han svängt och argumenterar med hjälp av termerna slump och naturligt urval.

– ... de som av slump fick simhud mellan tårna klarade sig bättre än de utan - naturligt urval!

En tolkning kan vara att undervisningen hjälpte Bob att se evolution som två processer. Allt beror inte av slump som han säger utan det är bara första steget och då får han ihop sin teori.

Cesar – accepterar undervisningens idé snabbt

Förtestsvaren indikerar att han tänker ganska oproblematiskt kring evolution och utveckling. Han svarar i termer av strävan och behov och skriver självmant ordet evolution.

– Evolution gör att 'änder' kan utvecklas på detta sätt om de nu lever i vatten. Det är ingen slump!

Bishop & Anderson (1990) menar att de flesta elever anser att de förstår evolution, fast då som en process där arter svarar på omgivningens krav genom att gradvis utvecklas över tid.

Gruppdiskussionerna hölls efter en veckas undervisning, två lektioner, och då argumenterar Cesar för att variationen uppkommer genom slumpmässiga förändringar av arvsmassan. Det verkar som om han snabbt tagit till sig undervisningen genom att säga:

Vi har ju lärt oss nu att det är tvåan

Intervjun visar att han för lite cirkelresonemang

– ... uppkommer om det behövs det kan man relatera till ... för att om det behövs någonting och detta sker slumpmässigt så händer ju det ... så till slut kommer dom här slumpmässiga att till slut tillgodose det som behövs för djuret eller så

Han anser 'strävan att utvecklas' är riktigt också eftersom 'alla strävar efter att utvecklas mer och mer för att klara sig bättre'. Alternativet med slumpmässiga förändringar är dock det som stämmer bäst vid intervjutillfället. Han är också säker på att han inte svarat så vid förtestet eftersom

– Jag har lärt mig att det är så och det är inget som jag trodde förut att det var så men nu vet jag att det är så. Så det är det som gör att jag förstår att det inte är som jag trodde förut. Det är ju bland annat lektionerna och boken som jag läst till idag och så.

Han svarar inte helt övertygande på provet utan för bara allmänna resonemang kring naturligt urval och förklarar variationen främst med miljömässiga skäl. Eftertestet visar dock på hela resonemangskedjan

De som slumpmässigt fått simhud har klarat sig bättre och på så sätt fått fler avkomma och denna gen med simhud har överlevt

Cesar får representera den grupp elever som ganska oproblematiskt tar till sig det som sägs i undervisning och skrivs i lärobok. Intervjun visar tecken på att det i vart fall i början av undervisningen inte är så självklara begrepp. De kloka svaren ett år efter undervisningen tyder på att begreppen fått ordentligt fäste i hans resonemang.

Även Axel, Diana och Elena säger sig vid intervjun vara säkra på att den vetenskapliga förklaringen är riktig. De anger att undervisningen klargjort detta och det är den vetenskapliga uppfattning som de behåller i sina svar tio månader senare.

Gry – slits mellan sin uppfattning och vetenskapens

I förtestsvaren väljer hon behov som alternativ och i den öppna frågan beskriver hon i allmänna ordalag en utveckling som skett

– Jag tror att det liv som idag finns på jorden har utvecklats på olika sätt för klara av att leva under vissa levnadsförhållanden

Vid gruppdiskussionen startar hon med yttrandet

– Jag tror att egenskaperna uppkom för att de behövdes ... för att dom förändrade sig till det bättre inte till det sämre

Allteftersom samtalet fortsätter börjar hon tänka sig två möjligheter

– Jag tror att det finns lite olika. En är en anpassning som sker pga. att man vill anpassa sig till det bättre medan en kan vara slumpvisa förändringar

Hon avslutar med en längre tankekedja kring nedärvning av ex. mongolism och verkar mer och mer tycka att det finns en genetisk komponent.

Intervjun pendlar mellan de två synsätten, behov och mutation (strävan avfärdar hon). Hon är påverkad av undervisningen

– Egentligen skulle jag satt ettan men sen när man läst lite mer om det här med mutationer och om man får en bättre mutation så kan den föras vidare i och med att den är ärftlig ... så jag är lite på tvåan också ... men egentligen tror jag mer på ettan.

Hon påpekar hon att börjat fundera eftersom hon aldrig tidigare förstätt eller ens läst om 'det här med DNA'. Ännu är hon inte beredd att överge behov som förklaring.

Provfrågan klarar hon galant och vid eftertest argumenterar hon, angående simhud:

– Ursprungligen föddes en and med en mutation – den hade fått lite simhud mellan tårna. Då detta var mycket gynnsamt då den simmade i vattnet – den kunde simma mkt snabbare än sina kompisar och hann alltid därför först till födan. På så vis överlevde den bättre och förde sin speciella egenskap – simhuden mellan tårna – vidare till nästa generation, som också blev mer livsduglig och konkurrerade ut sina vänner ...

Gry har fått nya pusselbitar som ger henne större förutsättningar att förklara variationens uppkomst och därmed evolutionen i stort. Gruppdiskussionen fick henne att formulera en egen idé om hur variation uppkommer och ärvs vidare. Jag tolkar det som om hon gör kunskapen till sin egen genom att få höra andra perspektiv, använda dem i en ny situation och kommer fram till att det nya synsättet ger större förklaringsvärde.

Anna, Cissi, Eric och Frida är andra elever som genom sekvensen slits mellan de olika förklaringsformerna. Vid intervjun är de osäkra på om slump och mutation är en uttömmande förklaring till variationens uppkomst. Tio månader senare använder de ändå en vetenskaplig förklaringsmodell.

DISKUSSION

Uppfattningar om biologisk variation före undervisning

I den grupp jag följt finns ett utgångsläge där eleverna visar på en variation, mångfald, i uppfattningar kring ett visst ämnesinnehåll. Ändamålsförklaringar dominerar och orden behov samt strävan är centrala i elevernas förklaringar. Detta syns tydligast när eleverna väljer bland alternativ i flervalssuppgiften eller skattar skälen till egenskapers uppkomst. När de får möjlighet att utveckla sina tankar i gruppdiskussion och intervju nyanseras bilden av vad ordet behov står för. Eleverna delar inte upp evolutionsprocessen utan de resonerar i ett enda steg. En utveckling har skett och de egenskaper som behövts har stannat kvar. Detta stämmer väl med vad Bishop & Anderson (1990) tolkar som att eleverna inte skiljer på ursprung till och överlevnad av nya egenskaper. Rent ämnesteoretiskt missar de att evolutionsteorin bygger på två skilda processer: en slumpmässig (mutation) och en icke-slumpmässig (naturligt urval). Överhuvudtaget verkar inte eleverna tillmäta den genetiska variationen någon större betydelse (Greene, 1990) eller vara medvetna om att den sexuella reproduktionen är en källa till variation (Driver et al, 1994). Miljön ses som det största, oftast enda, skälet till olika egenskapers framväxt vilket också Landström (1995) och Zetterqvist (1995) konstaterat.

Det som skiljer mina resultat från internationella studier är framförallt att inga elever talar om religion. Teologiska förklaringar är vanliga i studier från exempelvis USA och Storbritannien (Engel-Clough et al, 1985 och Greene, 1990). Varken Halldén (1988) eller Pedersen (1992) ser religiösa drag i svenska elevers evolutionstänkande. Det finns åtminstone två tänkbara skäl till detta. Antingen finns inte dessa uppfattningar i gruppen och är då möjligen en följd av den svenska sekulariseringen. Kopplingen till skolans biologi skulle också kunna vara ett hinder för att uttrycka sig i religiösa termer, detta trots anonymiteten gentemot undervisande lärare.

Varför använder eleverna 'behov och strävan' när de förklarar?

Andersson (2001) skiljer mellan två typer av orsakstänkande, direkt och indirekt. Om vi tillämpar det på frågan om uppkomsten av simhud hos änder skulle det direkta svaret bli: Änder behöver simma bra i vattnet och utvecklar därför simhud på fötterna. Det indirekta orsakstänkandet är besvärligare och bygger på evolutionsteorin. Det finns från början en genetiskt betingad variation i mängden simhud. Om miljön där änderna just då råkar befinna sig gynnar individer med lite mer simhud har dessa större möjligheter att få fler ungar. På så sätt kommer

egenskapen att ha simhud bli vanligare i populationen. Just att den direkta och näraliggande orsaksförklaringen är så mycket enklare kan vara ett skäl till att så många elever använder den.

Avsiktslösheten i naturen är enligt Uddenberg (1988) det som är svårast att acceptera. Människor som bor i Norden verkar ha ett speciellt förhållande till naturen och det skulle i det här sammanhanget betyda att vi gärna ser en mening i det vi iakttar i naturen.

Vårt vardagspråk och speciellt det som används i film, böcker och tidningar är fyllt av behovsförklaringar och förmänskligande av växters och djurs egenskaper. 'Fåglarna lärde sig att flyga', 'de strävade efter att utvecklas', 'fiskar behöver fenor för att kunna simma' etc. Översättningar från engelska kan också bli slarviga exempelvis översätts nästan alltid 'survival of the fittest' med 'den starkaste överlever'. Vårt vardagliga sätt att uttrycka oss på innehåller ord som delvis har andra betydelser inom vetenskap och dessa måste skärskådas i undervisningen. Ett sådant ord är *anpassning* som har flera betydelser, exempelvis menar vi en *omedelbar anpassning* när ögats pupill dras samman i ljus. När vi vänjer oss vid ett nytt arbete tänker vi på en *medveten anpassning* och det handlar om *anpassning över tid* när det handlar om att få solbränna som skydd mot starkt solljus. Till dessa måste också läggas en *evolutionär anpassning* som då handlar om förändringen av den relativa andelen inom population som har en viss egenskap, exempelvis en bakteriepopulations resistens mot penicillin.

Det verkar inte som om den grundskola som alla elever gått i haft någon större effekt på elevernas sätt att resonera om evolutionära händelser. Lärobokstexterna är i många fall otydliga enligt Pedersen (1992), och framförallt gäller det användningen av ordet *anpassning*. Evolution var inte ett framskrivet avsnitt i det föregående styrdokumentet (Lgr 80) och hade en beskrivande ansats. Lpo94 fokuserar mer på teorier och det skrivs i mål att uppnå för naturorienterande ämnen att eleven ska 'ha kunskap om universums, jordens, livets och människans utveckling'. Inom ämnet biologi skall skolan sträva mot att eleven 'utvecklar kunskap om livets villkor och utveckling och kan se sig själv och andra livsformer i ett evolutionsperspektiv'. Hur detta kan se ut i praktiken har Zetterqvist (1998) undersökt genom en enkät till 286 slumpvis utvalda lärare i samband med en nationell utvärdering. Relativt lite tid, cirka fem timmar, läggs på evolutionsundervisning, oftast i årskurs nio. Det finns också en tendens att lägga avsnittet sist på varen, speciellt för de som följer läroboken. Risken är då uppenbar att momentet behandlas ytligt eller helt faller bort på grund av stoffträngsel.

Flera studier från både Sverige och andra länder visar alltså på liknande resultat. I sig är detta en viktig information till läraren; mina elever har samma uppfattningar som jämnåriga i flera olika länder. En utgångspunkt i all undervisning är det smått klassiska citatet från David Ausubel (1968) i min översättning:

Om jag skulle sammanfatta all inlärningspsykologi till bara en enda princip, så skulle jag säga: Den viktigaste faktorn som bestämmer lärande är vad eleven redan har lärt. Ta reda på det och undervisa därefter.

Lärare har flera sätt att komma fram till elevernas utgångsläge: diagnoser, 'brainstorming', bikupediskussioner, fri skrivning etc. Metoderna har också som syfte att verka som startskott, intresseväckare, och sätta fokus på ämnesområdet. Eleverna blir mer delaktiga i processen och de klargör sitt eget utgångsläge. Det som skulle kunna komplettera är forskningsresultat som rör elevers förförståelse; hjulet behöver inte uppfinnas på nytt. Tillsammans borde dessa metoder kunna ge en samlad bild av de uppfattningar som finns och vara en bra fond av förklaringsformer för eleverna att välja bland. Av alla varianter som då dyker upp finns det någon eller några som ger ett större utbyte. De förklarar mer, är lättare att bygga vidare på eller leder till mer generella slutsatser.

Hur utvecklas elevernas sätt att resonera?

Samtliga tolv elever som ingår i kärngruppen svarar på ett vetenskapligt sätt efter undervisningen, men vägen dit skiljer sig. Fyra mönster kan skönjas:

- Relativt gott utgångsläge som artikuleras klarare och med större djup (Bitte och David)
- Ganska problemfritt accepterande av vetenskaplig förklaring (Cesar, Axel, Diana, Elena)
- Svårigheter att se slumpen som enda aktiva komponent (Bob)
- Kunskapen görs personlig genom egna exempel (Gry, Anna, Cissi, Eric och Frida)

Möjligheten att få diskutera olika synsätt verkar ha hjälpt alla elever till en mer utvecklad förståelse. Även 'duktiga' elever vinner på att artikulera sin kunskap, de sporras att finna nya exempel och att se luckorna i andras resonemang. När det gäller Bitte så svarar hon på ett kvalitativt mer utvecklat sätt tio månader senare. Hon har populationen i fokus och inte arten samt skriver om förändrad frekvens av egenskaper. Den ytterligare biologikurs hon läst i mellantiden nämns inte men en tolkning kan vara att hon haft mer utbyte av kursen då hon haft en väl utvecklad syn på evolution. Jag ser det som om hon har använt evolutionsteorin som redskap, tolkat ny information och utvecklat sin teori.

Många elever verkar snabbt 'söka ut' vad undervisningen går ut på och accepterar ganska problemfritt vad de tror är undervisningens mål. Det är antagligen en vanlig strategi hos elever, men även här kan gruppdiskussioner och möjligheten att prova argumenten förbättra den långsiktiga behållningen. Cesar får tjäna som exempel när han under intervjun säger att 'jag har lärt mig att det är så' trots att han ger diffusa svar på frågan om variationens uppkomst. Tio månader efter skriver han enkelt och logiskt korrekt om samma fråga. Om det beror på undervisning eller att det tar lång tid för dessa begrepp att aktivt bidra till förståelse är svårt att säga.

'Är det slumpen som gör att vi har förhud?' utropar Bob upprört under gruppdiskussionen. Han verkar ha en klar bild av hur alla organismer är väl anpassade till sin omgivning. Detta är ett mycket använt tema i bl.a. naturprogram

på TV. Med närgående kamera och upphetsad berättarröst visar man på märkliga beteenden och fantasieggande utseenden. Den evolutionära förklaringen hamnar i ofta bakgrunden. För Bob är detta med slump ett svårlöst problem som han ofta återkommer till och han kommenterar andras åsikter i frågan. Hans svar på provet och eftertest visar att han förstår evolutionsteorin. Jag tror inte att Bob skulle skriva något han inte tror på tio månader senare. Han är inte rädd att ha en avvikande åsikt även om han känner att den inte stämmer med skolans uppfattning. Jag tolkar det som om undervisningen har hjälpt honom att till en bättre förståelse av evolutionsteorin. Han har börjat se den slumpvisa variationen som en förutsättning för den anpassning som kan avläsas i naturen.

En nidbild av skolan är att den koncentrerar sig på fakta som leder till ytinläring. Eleverna väljer den lättaste vägen, lär sig utantill och reproducerar detta på prov. Därefter kan de lugnt återgå till sitt tänkande före undervisningen. Det ges sällan utrymme för diskussion om vad vetenskapliga begrepp står för. Den undervisning jag följt försöker stimulera till diskussion och personliga ställningstaganden. Jag tar Gry som ett exempel på en elev som utnyttjar möjligheten att göra 'kunskapen till sin egen'. Hon vänder och vrider på de uppfattningar som läggs fram, både i intervju och i gruppdiskussioner. Gry hittar på ett eget exempel, mongoloida barn, och provar vilken modell som förklarar bäst. Jag tolkar det som att det nu berör henne och hon fortsätter att prova tankesättet i nya situationer.

Långsiktig behållning

Flera studier (Halldén, 1988; Bishop & Anderson, 1990; Bizzo, 1994) visar att konventionell undervisning inte förbättrar elevernas resultat. Den grupp jag följt ger bra svar på provet direkt efter undervisning och tio månader senare ger de fortfarande prov på goda resonemang. Det kan finnas flera skäl till detta, men om den goda långsiktiga behållningen beror på undervisningssekvensens uppläggning är det intressant att spekulera kring vilka aspekter som var särskilt viktiga. Målsättningen var att få eleverna att verkligen använda evolutionsteorin och då ägnades tid åt att diskutera vad som räknas som en vetenskaplig teori. Framförallt ägnades mycket tid till att eleverna i smågrupper löste problem eller tog ställning till påståenden. De filmade diskussionerna visar på en dynamik mellan eleverna. De artikulerar sig, finlipar sina argument och kommer fram till nya frågeställningar. Jag tror att eleverna insett vilken tankeekonomi det innebär att behärska en teori. I stället för att lära in enskilda delar, fakta, så löser de nya biologiska frågeställningar med hjälp av en och samma idé. Det skulle också kunna vara skälet till att en del elever svarar mer utvecklat tio månader senare. Trots att den biologikurs som de flesta läst efter försöksundervisningen inte innehöll specifik evolutionsundervisning så använde de måhända evolutionsteorin som ett slags nät som fångade in det nya biologiska innehållet.

Vidareutveckling

Vi har med stöd av ovanstående resultat utvecklat undervisningssekvensen ytterligare, i två steg. Den senaste versionen presenterades en konferens arrangerad av ESERA (European Science Education Research Association) år 2001 i Thessaloniki, Grekland (Olander et al, 2001). Även denna gång användes förtest och eftertest, nu ett år efter undervisningen. Alla lektioner och två gruppdiskussioner videofilmades, men intervjuer uteslöts. Anledningen till att inte utnyttja intervjuer var att de utgör ett slags undervisningstillfälle som inte förekommer vid vanlig undervisning. Vi har också sett att analys av gruppdiskussioner kan ge liknande information som intervjuer (Wallin et al, 20001b). Förtestresultat, på gruppnivå, användes vid smågruppsdiskussioner och eleverna fick fundera på vilken förklaringsmodell som gav mest. Rollspel förekom och ett spel för att illustrera naturligt urval konstruerades. Loggböcker användes där eleverna kommenterade aktiviteter, vad de lärde sig och hur de resonerade. Eleverna framhåller smågruppsdiskussionerna som viktiga, exempelvis i loggboken:

Man måste tänka själv då, och det behövs. Annars tänker man att: 'Åh, någon annan svarar på det.'

Resultaten från förtestet liknar dem från den första undersökningen, det är cirka 20 % av eleverna som svarar på ett vetenskapligt sätt före undervisningen. På det prov som avslutar undervisningen resonerar 90 % i termer av slumpmässig variation av arvsmassan. Ett år efter undervisningen genomfördes ett eftertest och eleverna visar i sina skriftliga svar att de fortfarande resonerar på ett vetenskapligt sätt om evolution.

REFERENSER

- Andersson, B. (2001). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap, forskningsresultat som ger nya idéer*. Skolverket. Liber distribution.
- Andersson, B. och Bach, F. (1995). *Att utveckla naturvetenskaplig undervisning. Exemplet gaser och deras egenskaper*. Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Bishop, B. & Anderson, C. (1990). Student Conceptions of Natural Selection and its Role in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 27, No. 5, 415-427.
- Bizzo, N. (1994). From Down House Landlord to Brazilian High School Students: What Has Happened to Evolutionary Knowledge on the Way? *Journal of Research in Science Teaching*, 31:5, 537-556.
- Booth, S.A. (1992). *Learning to program, A phenomenographic perspective*. (Göteborg Studies in Educational Sciences, 89). Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Brown, C. (1999). Classification, variation, adaptation and evolution. In M.Reiss (Ed), 'Teaching Secondary Biology' (pp.194-202). London: Association for Science Education.
- Brumby, M. (1981). The Use of Problem-solving in Meaningful Learning in Biology. *Research in Science Education*, 1981,11, 103-110.
- Brumby, M. (1984). Misconceptions about the Concept of Natural Selection by Medical Biology Students. *Science Education* 68(4): 493-503.
- Darwin, C. (1859). *The Origin of Species by Means of Natural Selection*. (Roland Adlerbart övers. 1976). Lund: Natur och kultur (1994).
- Deadman, J & Kelly, P. (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.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology makes Sense Except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher*. (125-129).
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, Vol. 23, No. 7, pp. 5-12.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science – research in to childrens ideas*. Leeds City Council Departement of Education and the University of Leeds.
- Elster, J. (1990). *Vetenskapliga förklaringar*. Göteborg. Bokförlaget Korpen
- Engel Clough, E. & Wood-Robinson, C. (1985). How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education* (1985) 19 (2), 125-130.
- Eybe, H. & Schmidt, H-J. (2000). *Group Discussions as Research Method in Chemistry Education*. Paper presented at Seminar on Research Methods in Science Education, august 2000, Göteborg.
- Fagerström, T. (1995). *Den skapande evolutionen*. Lund. Scandinavian University Press.
- Gilje, N. & Grimen, H. (1992). *Samhällsvetenskapernas förutsättningar*. Göteborg: Bokförlaget Daidalos AB.

- Good, R., Trowbridge, J., Demastes, S., Wandersee, J., Hafner, M. & Cummins, C. (Eds). (1992). *Proceedings of the Evolution Education Research Conference*. Baton Rouge.
- Greene, E.D. (1990). The logic of university students' misunderstanding of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 27:9, 875-885.
- Hagman, M., Olander, C. & Wallin, A. (2001). Teaching and learning about the biological evolution: a preliminary teaching learning sequence. In "Proceedings of the Third International Conference on European Science Education Research in the Knowledge Based Society. (pp. 230-232). Aristotle University of Thessaloniki, Greece.
- Hagman, M., Olander, C. & Wallin, A. (2002). *Evolutionsundervisning*. Opublicerat manuskript.
- Halldén, O. (1988). The Evolution of Species: Pupil Perspectives and School Perspectives. *International Journal of Science Education*, 1988, Vol. 10, No. 5, 541-552.
- Hewson, P., Beeth, M & Thorley, R. (1998). Teaching for Conceptual Change. In: Fraser, B. and Tobin, K. (Eds) *International Handbook of Education*. Great Britain: Kluwer Academic Publishers
- Holme, I. & Solvang, B. (1991). *Forskningsmetodik*. Lund. Studentlitteratur.
- Jensen, M. & Finley, F. (1995). Teaching Evolution Using Historical Arguments in a Conceptual Change Strategy. *Science Education* 79 (2): 147 – 166.
- 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.
- Landström, J. (1995). '... djur kan ju inte bildas ur tomta intet' - elever skriver om djurens evolution. I B. Andersson (red). *Forskning om naturvetenskaplig undervisning. Rapport från en rikskonferens i Mölndal 19-29 juli. Rapport NA-Spektrum nr 15* (sid 83-104). Mölndal, Institutionen för ämnesdidaktik, Göteborgs universitet.
- Lawson, A. & Thompson, L. (1988). Formal Reasoning Ability and Misconceptions Concerning Genetics and Natural Selection. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 25, No. 9, PP. 733-746.
- Lewis, J. (1999). Genetics. In M.Reiss (Ed), 'Teaching Secondary Biology' (pp.184-185). London: Association for Science Education.
- Olander, C., Hagman, M. & Wallin, A. (2001). Teaching and learning about the biological evolution: a research based teaching-learning sequence. In "Proceedings of the Third International Conference on European Science Education Research in the Knowledge Based Society. (pp. 576-578). Aristotle University of Thessaloniki, Greece.
- Patel, R. & Davidsson, B. (1991). *Forskningsmetodikens grunder*. Studentlitteratur. Lund.
- Pedersen, S. (1992). *Om elevers förståelse av naturvetenskapliga förklaringar och biologiska sammanhang*. Studies in Education and Psychology 31. Stockholm.
- 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.

Scott, P. & Leach, J. *Teaching and learning science: linking individual and sociocultural perspectives*. Paper presented at the meeting of the EARLI conference, Gothenburg, Sweden.

SKOLFS Available: 1 9 9 9 : 1 2 .
<http://www3.skolverket.se/ki/SV/0203/sf/21/ol/index.html> (020929)

SKOLFS 2000:19. Available:
<http://www3.skolverket.se/ki/SV/0203/sf/21/ol/index.html> (020929)

Smith, M., Siegel, H. & McInerney, J. (1995). *Foundational issues in Evolution Education*. Science & education 4, 23-46, 1995. Kluwer Academic Publishers. Netherlands

Souterland, S., Abrahams, E., Cummins, C. & Anzelmo, J. (2001). Understanding Student's Explanations of Biological Phenomena: Conceptual Framework or P-Prims. *Science Education* 85: 328-348.

Uddenberg, N. (1998). *Arvsdygden*. Natur & Kultur, Stockholm.

Wallin, A., Hagman, M. & Olander, C. (2001a). Teaching and learning about the biological evolution: Conceptual understanding before, during and after teaching. In *Proceedings of the III Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)*. (pp. 127-139). Universidade de Santiago de Compostela, Spain.

Wallin, A., Hagman, M. & Olander, C. (2001b). Teaching and learning about the biological evolution: Comparing individual interviews and small group discussions as methods for investigating students' conceptual understanding In *Proceedings of the Third International Conference on European Science Education Research in the Knowledge Based Society*. (pp. 689-691). Aristotle University of Thessaloniki, Greece.

Zetterqvist, A. (1995). '... de kan ju inte bara helt plötsligt börja växa' - elever skriver om växters evolution. I B. Andersson (red) *Forskning om naturvetenskaplig undervisning Rapport från en rikskonferens i Mölndal 19-29 juli. Rapport NA-Spektrum nr 15* (sid 63-82). Mölndal, Institutionen för ämnesdidaktik, Göteborgs universitet.

Zetterqvist, A. (1998). Teachers' views on their teaching of evolution. In *Proceedings of the first Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)*. (pp.11-20). Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Germany.

RAPPORTER FRÅN INSTITUTIONEN FÖR PEDAGOGIK OCH DIDAKTIK GÖTEBORGS UNIVERSITET
 ISSN 1404-062X

Beställes från Institutionen för pedagogik och didaktik, Göteborgs universitet, Box 300, SE 405 30 GÖTEBORG. Email: IPD.Rapporter@ped.gu.se. Serien startade 1999.

Längsjö, Eva & Nilsson, Ingegärd. Efter ett år i "den nya verkligheten". Tidigare förskollärare/fritidspedagoger ser på sin grundskollärautbildning och sitt möte med skolan utifrån en ny yrkesroll. 2002:15.

Åkesson, Magnus & Foss Fridlitzius, Rita. Handikapp: Bildning. Utvärdering av ett EU-projekt där handikapp och folkbildning möts. 2003:01.

Reichenberg, Monica. Vad står det egentligen i texten? En pilotstudie av elevers förståelse av två bibeltexter. 2003:02.

Gannerud, Eva & Rönnerman, Karin (Red.) Lärande och omsorg i förskola och skola. Rapport från ett forskarseminarium 21-22 november, 2002. 2003:03.

Gannerud, Eva. Lärararbetets relationella praktiker. Ett genusperspektiv på lärarens arbete. 2003:04.

Björneloo, I, Landström, J, Pramling Samuelsson, I & H Sträng, Monica. "Stenar sjunker hur små de än är". Kompetensutveckling i naturvetenskap, miljö och teknik med personal inom barnomsorg och skola. 2003:05.

Franke, Anita. Risktänkande bland bilförare – erfarenheter från fältet. En arbetsrapport. 2003:06.

Asplund Carlsson, Maj (Red.) Ett avsked och en hyllning till det barn- och ungdomspedagogiska programmet hösten 2003. 2003:07.

Sanderöth, Ingrid & Werner, Margit. Nätverk och lärande samtal för en bättre utbildning. Erfarenheter från lärarutbildningen i geografi vid Göteborgs universitet läsåren 1998/99-2002/03. 2003:08.

Gannerud, Eva. "Våga bryta mönstret" – uppsatser kring ett jämställdhetsprojekt. 2003:09.

Olander, Clas. Hur uppstår biologisk variation? En studie av gymnasieelevers uppfattningar och hur de utvecklas genom undervisning. NA-spektrum nr 23. 2003:10.