

# EXAMENSARBETE

*Våren 2010*

*Läroarbilden*

## Evolution i skolan

Aspekter på undervisningen i  
evolution i gymnasieskolan

**Författare**

Mikael Sandell

**Handledare**

Ola Magntorn



# Evolution i skolan

## Aspekter på undervisningen i evolution i gymnasieskolan

### **Abstract**

Internationella studier visar att elever i alla stadier har stora brister i evolutionskunskap och har svårigheter att lära sig evolution. Denna uppsats ger en översikt över evolutionsundervisningen i den svenska skolan och försöker klarlägga varför evolution är så svårt att förstå och lära ut.

Styrdokumentet för den svenska skolan betonar inte övergripande evolutionskunskaper, och i de flesta läroböcker har evolution litet utrymme. Svenska elevers kunskaper i evolution är svaga, och även många svenska biologilärare verkar ha bristande förståelse.

Evolutionsprocessen är svår att förstå, den kräver ett helt annat tänkande än vardagstänkandet. De flesta elever tillämpar vardagstänkande i sina förklaringar av evolution, och har därmed ingen verklig förståelse av processen. Denna insikt måste finnas med i utformningen av evolutionsundervisningen, och läraren måste få eleverna att tänka på ett nytt sätt för att de verkligen skall förstå evolution.

**Ämnesord:** biologi, evolution, undervisning, styrdokument, läroböcker, kunskap



# Innehåll

<u>Innehåll.....</u>	<u>3</u>
<u>1. Inledning.....</u>	<u>5</u>
<u>1.1 Bakgrund.....</u>	<u>5</u>
<u>1.2 Syfte.....</u>	<u>7</u>
<u>2. Aspekter av evolution i gymnasieskolan.....</u>	<u>7</u>
<u>2.1 Styrdokument.....</u>	<u>7</u>
<u>2.2 Läroböcker.....</u>	<u>10</u>
<u>2.3 Elevernas kunskaper i evolution – Nationella utvärderingen.....</u>	<u>15</u>
<u>2.4 Lärares kunskaper i evolution.....</u>	<u>16</u>
<u>3. Enkätundersökning av gymnasieelevers kunskaper.....</u>	<u>17</u>
<u>3.1 Metod.....</u>	<u>18</u>
<u>3.2 Resultat.....</u>	<u>19</u>
<u>3.3 Analys av resultat.....</u>	<u>20</u>
<u>4. Att förstå evolution.....</u>	<u>20</u>
<u>4.1 Varför så svårt att förstå?.....</u>	<u>20</u>
<u>4.2 Hur lär man ut evolution?.....</u>	<u>22</u>
<u>5. Sammanfattande diskussion.....</u>	<u>29</u>
<u>6. Sammanfattning.....</u>	<u>30</u>
<u>Referenser.....</u>	<u>30</u>



# 1. Inledning

*“Natural selection is one of the central mechanisms of evolutionary change and is the process responsible for the evolution of adaptive features. Without a working knowledge of natural selection, it is impossible to understand how or why living things have come to exhibit their diversity and complexity.”* (Gregory, 2009, s. 156)

## 1.1 Bakgrund

### Vad är evolution?

*“Natural selection is a non-random difference in reproductive output among replicating entities, often due indirectly to differences in survival in a particular environment, leading to an increase in the proportion of beneficial, heritable characteristics within a population from one generation to the next.”* (Gregory, 2009, s. 156).

Evolution är en över tid pågående process som verkar genom selektion på individnivå, vilket ger förändringar på gennivå som ger effekter på populationsnivå. Den absolut viktigaste faktorn i evolution är naturlig selektion. För att naturlig selektion skall förekomma krävs vissa förutsättningar;

1. Det finns en variation i egenskaper mellan individer
2. Åtminstone en del av dessa egenskaper är ärftliga
3. Dessa egenskaper leder till skillnader i reproduktion

Variationen skapas genom genetiska mutationer, och är en helt slumpmässig process. Skillnaden i reproduktion skapas genom interaktion mellan individerna och omgivningen, och är en till stor del icke slumpmässig process som bestäms av individens egenskaper. De individer vars egenskaper ger dem en relativt bättre reproduktionsframgång kommer att bidra med större andel gener i nästa generation. Resultatet blir att egenskaperna hos individerna i populationen förändras för varje successiva generation, eller mer exakt, frekvensen för de gener som styr olika egenskaper förändras mellan generationer. Detta leder till att det sker en ständig förändring i populationens egenskaper. Över tid leder detta till stora förändringar. Om det uppstår reproduktiv isolering mellan två grupper kommer de att utvecklas på olika sätt.

Denna process är orsak till all den variation och komplexitet vi ser i den organiska världen.

Charles Darwins sätt att uttrycka samma sak var;

*“This preservation of favourable individual differences and variations, and the destruction of those which are injurious, I have called Natural Selection, or the Survival of the Fittest.... It may metaphorically be said that natural selection is daily and hourly scrutinising, throughout the world, the slightest variations; rejecting those that are bad, preserving and adding up all that are good; silently and insensibly working, WHENEVER AND WHEREVER OPPORTUNITY OFFERS, at the improvement of each organic being in relation to its organic and inorganic conditions of life. We see nothing of these slow changes in progress, until the hand of time has marked the long lapse of ages, and then so imperfect is our view into long-past geological ages that we see only that the forms of life are now different from what they formerly were.”* (Darwin, 1872).

Det krävs en ganska kort text för att förklara evolution (Gregory ovan klarar det med en mening), men det har visat sig att det är en process som inte är så lätt att förstå.

Även om det pågår en intensiv debatt om detaljer i den evolutionära processen så finns det när det gäller grunderna i teorin en väl utvecklad koncensus inom den vetenskapliga världen.

Att förstå de evolutionära processerna är nödvändigt för att ha en övergripande förståelse av ämnet biologi, och en nödvändig förutsättning för insikt i de flesta biologiska mönster och processer.

## **Evolution och undervisning**

En hel rad internationella studier har visat att förståelse av evolution och hur det går till är bristfällig, både bland befolkningen som helhet och bland studerande av alla åldrar (Alters & Nelson, 2002). Orsaken till denna evolutionära analfabetism anses bero på brister i den evolutionsundervisning som bedrivs i skolan;

*” This difference in understanding and acceptance of evolutionary theory between the scientific community and the general public represents more than a lag between the generation of knowledge in a discipline and its dissemination to the public through the educational system. Rather, it represents a gulf in understanding that has not been successfully bridged through a century of science education.”* (Rutledge & Warden, 2000, s. 23).

Eller mer direkt uttryckt;

*“Public rejection of sound science is not primarily the result of some facet of popular culture. Rather, it is the predictable result of ill-founded pedagogical choices.”* (Nelson, 2005, s. 923).

Förutom att eleverna har dåliga kunskaper om evolution har det också visat sig vara mycket svårt att få eleverna att förstå evolution. Det har genomförts flera undervisningsexperiment i evolutionsteori och ökningen av elevernas förståelse har i de flesta fall varit ganska liten (översikt i Wallin, 2004). Internationella resultat visar alltså att eleverna har stora brister i sina kunskaper, att de trots genomgången evolutionsundervisning inte förstår hur evolutionen fungerar och att de trots välplanerade undervisningssekvenser har svårt att utveckla förståelse och insikt om evolution.

### **1.2 Syfte**

Den här uppsatsen försöker ge en överblick över flera aspekter av evolutionsundervisning i den svenska skolan. Både styrdokument och läroböcker, elevernas kunskaper och lärarnas kunskaper i evolution granskas. Det ingår också en undersökning av kunskapsläget hos elever på ett praktiskt gymnasium, och som avslutning görs ett försök att klargöra varför evolution är så svårt att förstå, och diskuteras hur undervisningen skall utformas för att eleverna skall få insikt om hur naturlig selektion fungerar.

Mina grundläggande frågor är:



1. Hur är evolutionsundervisningen i den svenska skolan styrd av ämnesplaner och läroböcker, och vilka kunskaper har elever och lärare?
2. Vilka är svårigheterna att förstå evolution?
3. Vad finns det för metoder att lära ut evolution så att eleven förstår?

## **2. Aspekter av evolution i gymnasieskolan**

### **2.1 Styrdokument**

De viktigaste styrdokumenterna för kursinnehåll är Skolverkets ämnesplaner och kursplaner för gymnasieskolan (Skolverket, 2010a).

I ämnesplanen för Biologi finns flera formuleringar om evolution:

*”Däri ingår att fördjupa kunskapen om de evolutionära processer som ligger till grund för organismernas mångfald och släktskap liksom kunskapen om vad som krävs för en ekologisk hållbar utveckling.”*

*”Biologi är läran om livet, dess uppkomst, utveckling, former och betingelser.”*

*”Liv karaktäriseras av en hög grad av ordning. Denna kan beskrivas i ett system av olika nivåer från molekyl ända upp till ekosystem. För varje ny nivå inträder nya samband och frågeställningar. Biologiämnet behandlar såväl den biologiska organisationen som växelverkan mellan och inom nivåerna. Evolutionsteorin är grundläggande vid studiet av denna växelverkan.”*

*”Teorier om livets uppkomst och utveckling påverkar människans syn på sig själv som människa och biologisk varelse.”*

I ämnesplanen för Naturkunskap hittar jag inga formuleringar om evolution förutom i beskrivningen av kursen Naturkunskap B (se kursplan nedan)

Även kursplanerna innehåller vissa hänsyftningar till evolution;

Biologi A

*”ha kunskap om betydelsen av organismers beteenden för överlevnad och reproduktiv framgång”*

*”ha kunskap om naturvetenskapliga teorier rörande livets uppkomst och utveckling”*

Biologi B

*”ha kunskap om sambandet mellan evolution och organismernas funktionella byggnad och livsprocesser”*

Växt- och djurliv

*”ha kunskap om vetenskapliga teorier om livets uppkomst och utveckling på jorden”*

Naturkunskap A

*” ha kunskap om den naturvetenskapliga världsbildens framväxt samt universums och jordens historia”*

Naturkunskap B

*”ha kunskap om naturvetenskapliga teorier för livets uppkomst, villkor, utveckling och mångfald”*

## **Diskussion**

Den syn på evolutionen som presenteras i ämnesplanen i Biologi framstår som begränsad, det presenteras inte någonstans att evolutionsteorin är *den* grundläggande teorin i biologi och att den täcker in och ger bakgrunden till alla fenomen inom ämnet. I stället presenteras evolution som en teori för vissa delförklaringar, t ex för organismernas mångfald och släktskap;

*” de evolutionära processer som ligger till grund för organismernas mångfald och släktskap”*

Skulle dessa processer vara annorlunda än de evolutionära processer som förklarar andra biologiska fenomen?

När man sedan pratar om ett annat område inom biologi;

*” Biologiämnet behandlar såväl den biologiska organisationen som växelverkan mellan och inom nivåerna. Evolutionsteorin är grundläggande vid studiet av denna växelverkan.”*

Är det bara här som evolutionsteorin är grundläggande?

Även i kursplanerna presenteras evolutionen i begränsade sammanhang;

*”sambandet mellan evolution och organismernas funktionella byggnad och livsprocesser”*

Och även i de sammanhang man inte använder ordet evolution men ändå syftar på det är sammanhangen begränsade; t ex enbart beteendet;

*”om betydelsen av organismers beteenden för överlevnad och reproduktiv framgång”*

eller livets uppkomst och utveckling;

*”naturvetenskapliga teorier rörande livets uppkomst och utveckling”*

Den bild som ges av ämnes- och kursplanerna är att evolutionsteorin ger förklaringar till vissa begränsade områden i biologin där den är viktig, men ingenstans betonas ett helhetsperspektiv på evolutionen inom biologiämnet. Naturlig selektion nämns överhuvudtaget inte. Ämnes- och kursplanerna ger litet stöd för en undervisning som verkligen förklarar evolution för eleverna. Evolutionsteorin måste utgöra grunden för hela biologiundervisningen och finnas med som förklaringsmodell i alla moment. Den har ännu inte fått den plats den måste ha i ämnes- och kursplaner.

Det verkar inte finnas några andra analys av svenska ämnes- och läroplaner med avseende på evolution, men i USA har det pågått en aktiv diskussion om läroplanernas utformning och formulering när det gäller evolution (Lerner, 2000; Skoog & Bilica, 2002; Beardsley, 2004; Padian, 2008). En bidragande faktor till intresset i USA är den kontrovers som finns där angående undervisning i evolution. Där driver kristen fundamentalism sedan länge en intensiv kampanj mot undervisning i evolution i skolan.

## **2.2 Läroböcker**

Det här är ingen uttömmande analys av alla böcker som finns på marknaden. Jag har velat få en bild av hur evolution presenteras i läroböckerna och har studerat några av de senaste läroböckerna som jag vet används på skolor nu.

**Lärobok: Växt- och djurliv** (Weidow m. fl., 2005)

På Naturbruksprogrammet ligger den evolutionsundervisning som förekommer i kursen Växt- och djurliv. En modern bok gjord för denna kurs är *Växt- och djurliv*. Huvuddelen av bokens evolutionsinnehåll handlar om livets uppkomst och utveckling, vilket ju också är ett av kursmålen. I några korta avsnitt förklaras den evolutionära processen;

*”Då olika djurarter utvecklats har det under årmiljonerna skett små och successiva förändringar. Förändringarna har gått olika snabbt och har ibland bytt riktning. Denna utveckling och förändring av organismernas ärftliga egenskaper som hela tiden pågår kallas för evolution. En förutsättning för evolutionen är att det finns genetisk variation inom arten, dvs individernas arvsanlag skiljer sig från varandra.”* (s.23)

*”Uppkomsten av nya arter är en evolutionär process. Hos en population (grupp av individer inom en art) finns det alltid en variation mellan de ärftliga egenskaperna. När populationen fortplantar sig och ersätts av en ny generation individer fungerar en urvalsprocess. Det är denna process som Darwin definierade som det naturliga urvalet, se s 35. När omvärlden inte förändras innebär det naturliga urvalet att populationen stabiliseras för varje generation. Sker det en förändring i miljön får däremot selektionen (urvalet) en ny riktning. Detta kan även inträffa hos en population som lever i ett stort geografiskt område som består av olika miljöer med skilda klimat. När dessa miljöer ligger något isolerade från varandra, sker en*

selektion som kan komma att gå i olika riktningar, t ex utveckling av en tjockare päls.” (s. 24-25)

*”Det naturliga urvalet är den mekanism genom vilken evolutionen verkar.*

*Det naturliga urvalet bygger på tre principer:*

- 1. De flesta organismer i form av växter och djur har ett födelseöverskott och producerar en större avkomma än det finns utrymme för.*
- 2. Det finns en variation mellan individerna inom en art – en variation som delvis är ärftlig.*
- 3. Födelseöverskottet skapar konkurrens. De individer som är bäst lämpade och anpassade till den miljö de befinner sig i kommer att gynnas och så småningom att överleva.” (s. 35)*

Den här texten innehåller både dunkla förklaringar och direkta felaktigheter. I andra stycket är det oklart vad utvecklingen av tjockare päls har för relevans för uppkomsten av nya arter. I tredje stycket förklaras hur naturlig selektion fungerar. Det är inte lätt att utifrån denna presentation förstå processen, och dessutom innehåller punkt tre en direkt felaktighet. God anpassning resulterar inte bara i att vissa individer ”kommer att gynnas och så småningom att överleva”, den viktiga skillnaden är att det blir skillnad i reproduktion. Reproduktiva skillnader nämns överhuvudtaget inte i texten, och då blir det problem att få ihop hur processen naturlig selektion går till.

Den här boken ger en mycket otydlig förklaring av evolution, och det är svårt att förstå hur eleverna skall kunna få insikt och förståelse utifrån den.

### **Lärobok: Spira** (Björndahl m. fl., 2007)

Boken är avsedd för Biologi A. I avsnittet ”Evolutionens mekanismer” betonas att evolutionen saknar syfte och mål och sen kommer förklaringen av naturlig selektion;

*”De viktigaste faktorer som möjliggör anpassning till miljön är att:*

- Nya alleler (genvarianter) uppstår genom mutationer, vilket gör att individerna inom en population skiljer sig åt i ärftliga egenskaper.*
- Alla organismer producerar en större mängd avkomma än vad som kan överleva.*
- Det sker en selektion, ett naturligt urval. Det naturliga urvalet bestämmer vilka individer som överlever. I kampen om tillvaron klarar sig främst de med egenskaper som ger störst möjlighet att fortplanta sig.*
- Om miljön förändras gynnas individer med andra alleler än tidigare.” (s. 161).*

Det blir förvirrande att förklara selektion och naturligt urval med just de begreppen, det blir ett cirkelargument (det sker en selektion därför att det sker en selektion) och har inte mycket förklaringsvärde. Det finns också en formulering som verkar grundad i ett deterministiskt tänkande (*”Det naturliga urvalet bestämmer vilka individer som överlever.”*), och som förvirrar hela resonemanget. Denna syn återkommer även senare när dessa punkter förklaras och fördjupas;

*”Det viktiga i det här avseendet är alltså, att till nästa generation överföra just de alleler som ger de ’bra’ egenskaperna – då har det skett ett urval.”*

Det verkar som om textboks författarna är oklara över hur naturlig selektion går till; det är inte så att urvalet överför de 'bra' egenskaperna till nästa generation, det är så att de egenskaper som genom urvalsprocessen överförs är de som varit 'bra'. I lärobokens formulering har urvalet ett syfte - att överföra de 'bra' egenskaperna, men det finns inget syfte, utan de egenskaper som överförs är de som fungerat 'bra'. Det är inte så att egenskaperna är 'bra' i sig och kan väljas ut, det är de egenskaper som genom processen sorteras ut som man efteråt kan benämna som 'bra'. Med ett så oklart tänkande och oklar formulering är det svårt att se hur eleverna skall få förståelse.

### **Lärobok: Liv i utveckling. Miljö i förändring** (Ljunggren m. fl., 2003)

En kursbok både för Biologi A och Naturkunskap A. På baksidestexten står det "Moderna tillämpningar av evolutionärt tänkande löper som en röd tråd genom [boken]", och det har de genomfört. Själva grundförklaringen av evolutionen är inte helt klar;

*"den främsta drivkraften bakom livets utveckling är det naturliga urvalet ... de individer som är bäst anpassade till sin miljö överlever, fortplantar sig och får de mest livsdugliga ungarna. Övriga går tillbaka. Arvsanlagen ändras slumpmässigt, bl.a. genom så kallade mutationer. Med tiden renodlas de anlag som gynnar individerna och gör dem mer lämpliga för den rådande livsmiljön."* (s. 16-17)

Det framgår inte helt klart att det inte är individerna som förändras under sin livstid, utan att förändringen sker genom förändring av genfrekvenser mellan generationer. När det blir tal om artbildning kommer dock tidsperspektivet in;

*"En naturkatastrof eller klimatförändring kan resultera i barriärer som delar en population och några individer hamnar i en ny miljö. Samtidigt verkar det naturliga urvalet, så att de som bäst lämpar sig för den nya miljön överlever och fortplantar sig. Från en ursprungsart kan det på detta sätt så småningom växa fram flera nya raser. Får tiden, isoleringen och det naturliga urvalet verka tillräckligt länge, uppkommer nya arter ur raserna."* (s. 17)

Sedan fortsätter boken att tillämpa evolutionsteorin i många olika sammanhang; beteende, samevolution, livets utveckling, parasiter, populationsekologi, jämförande morfologi osv. Boken tar även upp och diskuterar många evolutionära begrepp som Röda Drottningsteoremet, släktskapsselektion, relativ reproduktiv framgång och fitness.

Efter att ha läst boken har eleverna fått en bred bild av evolutionen, och hur den verkar på alla nivåer och aspekter inom biologin. Om de sen verkligen förstår hur processen går till beror nog mycket på läraren.

### **Lärobok: Biologi A med naturkunskap** (Karlsson m.fl., 2005)

En lärobok både för Biologi A och Naturkunskap A. Texten i den här boken är resonerande och inledningen säger att evolution utgör en "samlande röd tråd genom boken".

*"Det naturliga urvalet bygger på två förutsättningar. För det första måste det finnas individer i populationen som har olika varianter av en ärftlig egenskap. Med det menas att individer har olika varianter av de gener som påverkar egenskapen. ... För det andra måste de olika*

*varianterna av den ärftliga egenskapen påverka överlevnad och antalet avkommor. De ärftliga egenskaper, som ger många avkommor och god överlevnadsförmåga, gynnas av det naturliga urvalet. En sådan egenskap sägs ge hög livsduglighet (fitness på engelska).” (s. 227).*

En koncis sammanfattning som sedan exemplifieras och diskuteras på många olika sätt i boken, bl.a. i anslutning till aposematisk färgteknik, mimikry, revirförsvar, kullstorlek hos fåglar, jämförande morfologi osv. Den tar även upp och diskuterar begrepp som individselektion kontra gruppselektion och sexuell selektion. Det här är en bok som jag tycker är användbar för undervisning i evolution.

### **Lärobok: Naturkunskap A (Sofia Lindelöf [red.], 2003)**

Avsedd för Naturkunskap A. Några sidor tar upp evolution;

*”Evolution betyder utveckling. När man pratar om evolution inom naturvetenskapen menar man att allt som lever på jorden hela tiden förändras. Förändringen går inte snabbt, utan mycket, mycket långsamt. Vad är det då som gör att organismerna förändras? Anledningen är att olika individer är olika väl anpassade till sin miljö. De som är bäst anpassade har störst chans att överleva och föröka sig. Det betyder att de gener som ger fördelar i en viss miljö blir vanligare och vanligare, medan gener som ger nackdelar så småningom försvinner. Det här kallas naturligt urval och det är det som sakta men säkert driver evolutionen – utvecklingen - vidare.” (s. 37).*

Ganska klar framställning, men varför är olika individer olika väl anpassade? Hela aspekten med variation saknas. Med bara några sidor text om evolution behövs det mycket stödmaterial och förklaringar av läraren för att det skall bli förståelse.

### **Lärobok: Ellips (Svanfeldt m.fl., 2007)**

Kursbok för Naturkunskap A. Hittar inte ordet evolution i innehållsförteckningen. Under rubriken ”Livet på jorden” stå det lite om evolution;

*”Så länge det har funnits liv på jorden har organismernas arvsmassor förändrats. De organismer som råkat var bäst anpassade till den miljö som rått för tillfället, har också haft störst möjlighet att föra sin arvs massa vidare. Så småningom har en utveckling skett mot de växter, djur, svampar och bakterier vi har i dag.”*

En väldigt koncentrerad förklaring av evolutionsprocessen, och jag tvivlar på att någon får förståelse från den.

### **Lärobok: Naturkunskap A (Viklund m.fl., 2007)**

Som framgår av namnet en kursbok för Naturkunskap A. Endast en sida behandlar evolution;

*”För de vilda djuren är det de hårda förhållandena i deras livsmiljöer som avgör vilka av dem som skall få överleva och föra sin avkomma vidare. Vissa individer och deras arvs massa*

*överlever medan andra, som inte klarar kampen för tillvaron, sorteras bort. En mycket liten förändring i arvs massa hos en individ blir kanske till den lilla skillnad i individens utseende eller beteende, som gör att den får större möjlighet att överleva än sina likar. ... Han [Darwin] menade... att det genom ett naturligt urval sker ständiga förändringar av egenskaperna hos djur och växter. ... På detta sätt har livet genomgått en evolution, en långsam utveckling från enkla encelliga organismer till mer komplicerade. Evolutionen har varit långsam, men tid är något som planeten Jorden och livet här alltid haft gott om.” (s. 27).*

En text som både lyckas med en antropomorfism när det gäller jorden och en totalt förvirrande formulering (”vissa individer och deras arvs massa överlever”) som drastiskt minskar alla möjligheter till förståelse. Dessutom presenteras hela evolutionsteorin som något som Darwin ’menade’. Detta studiematerial kräver väldigt mycket av läraren för att eleverna skall få förståelse.

### **Lärobok: Naturkunskap A (Henriksson 2000)**

En kursbok för Naturkunskap A. Den innehåller en mycket kortfattad text om evolution;

*”Flertalet mutationer förändrar generna så att individens chans att överleva minskar. ... Därmed minskar chansen för att den ska hinna föröka sig och sprida den förändrade genen till kommande generationer. I naturen finns det på så sätt en tendens till att gener för olämpliga egenskaper sorteras bort. I mycket sällsynta fall kan mutationer leda till framgångsrika gener. ... Fågeln med den förändrade genen har då störst chans att överleva och därmed störst chans att kunna fortplanta sig. ... Eftersom livet ständigt anpassar sig till nya villkor förändras växter och djur. Man säger att det pågår en evolution (utveckling)”*

Det finns inga fel i framställningen, men så kortfattad att det blir svårt att få förståelse.

### **Lärobok: Naturkunskap B (Henriksson, 2000)**

Som namnet anger är detta en kursbok för Naturkunskap B. Den har ett avsnitt om evolution där naturlig selektion förklaras;

*”på grund av den hårda konkurrensen är det endast individer med de mest ändamålsenliga egenskaperna som överlever i en viss miljö. De som överlever kan föröka sig och sprida anlag till kommande generationer. På så sätt pågår enligt Darwin ett naturligt urval. Genom att urvalet fortsätter generation efter generation kan det efter lång tid resultera i drastiska förändringar hos växter och djur.” (s. 176).*

även variationen tas upp;

*”Mutationer ger slumpvis upphov till anlag för nya egenskaper. Det garanterar att egenskaperna varierar inom en art, ... De nya egenskaperna testas och gallras genom det naturliga urvalet. Bra anlag sprids till kommande generationer medan dåliga rensas bort.” (s. 177).*

Även artbildning och samevolution tas upp, och allt exemplifieras med klassiska exempel. På de sex sidorna ges en ganska bra beskrivning, men det är svårt att se hur eleverna kan förstå evolutionen genom bara det som står där.

## **Diskussion**

I nästan alla de läroböcker som analyserats är evolution ett avsnitt i boken, ett delmoment bland alla andra avsnitt. Den borde vara närvarande i alla moment, evolutionärt tänkande borde finnas överallt. Detta tillämpas faktiskt i en av böckerna (Ljunggren m.fl., 2003).

Flera av de genomgångna böckerna ger bra beskrivning av förutsättningarna för naturlig selektion och ger exempel på selektionsprocesser, t.ex. björkmätaren i Storbritannien, men det är inte mycket resonemang och diskussion generellt om hur själva processen går till. Om man ger förutsättningarna för naturlig selektion är det inte så lätt att utifrån det förstå processen. Ett antal enskilda exempel kan på ett bra sätt belysa processen och hjälpa till att komma ihåg, men har man inte fått ett resonemang om den generella processen blir evolution lätt ett antal exempel.

De läroböcker som har en bra presentation av evolutionsteorin är alla utformade för Biologi A, och den kursen är obligatorisk endast på det Naturvetenskapliga programmet (= 11,5% av eleverna). Den totala majoriteten av svenska gymnasieelever läser bara Naturkunskap A som obligatoriskt biologiämne, och de läroböckerna ger en mycket begränsad undervisning i evolution, utan möjlighet till förståelse. Detta gör att den kunskap om evolution eleverna har när de går ut årskurs nio kommer att vara den kunskap de har med sig i livet, den fördjupas inte under gymnasietiden.

Zetterqvist (2003) har analyserat några svenska läroböcker för grundskolan med avseende på evolution och finner, liksom denna studie, att vissa böcker kan ge lärarna ett bra stöd i undervisning om evolution medan andra inte fungerar alls.

Analyser av skolböckernas bristande behandling av evolution har även rapporterats från andra länder; t.ex. USA (Moody, 1998; Skoog, 2008) och Spanien (Jiménez Aleixandre, 1994). Det har även gjorts jämförelse mellan böcker från olika länder (Swarts m.fl., 1994).

## **2.3 Elevernas kunskaper i evolution – Nationella utvärderingen**

Hur mycket vet eleverna om evolution? Många har från mindre undersökningar fastslagit att svenska elever har dåliga kunskaper i evolution (se Wallin, 2004), men den enda större utvärdering som gjorts är Nationella utvärderingen av grundskolan 2003 (NU-03) där två frågor om evolution förekom. I Ämnesrapporten för Naturorienterande ämnen (Andersson m. fl. 2005) utvärderas resultaten. Totalt 2136 elever besvarade frågorna och av dessa valdes 620 elever slumpmässigt ut och för dessa kategoriserades de öppna svaren.

Den första frågan var vad som skapar nya ärftliga egenskaper. Frågan hade fyra olika svarsalternativ; individens behov, slumpvis förändring i arvsmassan, artens strävan att utvecklas eller naturens strävan efter jämvikt. Dessutom uppmanas eleverna att motivera sitt svar.



Av de testade eleverna valde 31% rätt alternativ (slumpvis förändring) och hade betyget G. Av dessa 31 procentenheter var det 19 enheter som inte gav någon motivering, medan 12 procentenheter gav en rimlig förklaring och fick VG. Det var också två procent av eleverna som gav en rimlig förklaring men hade valt ett annat svarsalternativ, de fick också G. Resultatet på flervalsfråga med motivering var enligt detta 21% G och 12% VG.

Den andra frågan var hur geparder har utvecklat förmågan att springa fort, och det var en öppen fråga.

Det var 46% som inte besvarade frågan, och endast 7% gav ett svar som kunde godkännas. Av de 7 procentenheter som gav rätt svar hade 5 procentenheter en så pass vetenskaplig förklaring att de fick VG. Resultatet på den öppna frågan var därför 2% G och 5% VG.

## **Diskussion**

Den här utvärderingen gjordes i årskurs nio, hur relevant är den för gymnasieelevers kunskaper i evolution? Alla gymnasieprogram utom Naturvetenskap och Naturbruk läser bara Naturkunskap A som obligatorisk biologikurs. Eftersom kursplanen för Naturkunskap A knappast inte innehåller någon evolution innebär det att drygt 85% av eleverna inte får med sig särskilt mycket mer evolutionskunskap än den de har i årskurs 9. Eftersom Biologi A är den enda obligatoriska kursen med uttalad evolutionsundervisning, och den endast läses av Naturvetenskapliga programmet, kommer endast 11,5% av dagens gymnasieelever att i någon mån fördjupa sina evolutionskunskaper. Min slutsats är att resultaten från utvärderingen i årskurs nio visar, för den absoluta majoriteten av eleverna, vilka kunskaper i evolution de kommer att ha med sig ut i livet.

På flervalsfrågan valde 31% rätt alternativ. En rent slumpmässig fördelning av svaren hade gett 25%. Två av de andra alternativen hade 24% (individens behov) respektive 30 % (artens strävan). Det är svårt att utvärdera hur mycket som är kunskap och hur mycket som är slump. Tolv procent av eleverna kunde motivera sitt svar, och visade därmed att de hade gjort ett medvetet val. Jag konstaterar att med givna svarsalternativ som hjälp kan en av åtta elever besvara frågan och motivera svaret.

När frågan var öppen kunde endast sju procent ge ett tillfredställande svar, nästan en halvering jämfört med flervalsalternativet. En av 14 elever kan alltså besvara en öppen basal fråga om evolution med rätt svar.

Resultaten visar att eleverna faktiskt inte lär sig evolution i skolan. Endast ett fåtal elever har fått med sig så mycket kunskap att de kan besvara en enkel och grundläggande fråga om evolution. Detta verkar gälla även internationellt (Alters & Nelson, 2002).

## **2.4 Lärarnas kunskaper i evolution**

*"The teachers were revealed to have only a moderate level of understanding of evolutionary theory" (Rutledge & Warden, 2000, s.25).*

Zetterqvist (2003) gjorde en intervju-undersökning med svenska grundskollärare om undervisning i evolution. Hon definierade vilka kunskaper en lärare behöver för att kunna undervisa evolutionsbiologi som ger verklig förståelse, och slog fast att många av de lärare hon intervjuade hade inte denna kompetens.

Hon fann också att nästan hälften av lärarna under intervjuerna uttryckte alternativa idéer (inte förenliga med de vetenskapliga förklaringarna) när de förklarade naturlig selektion och anpassning (Zetterqvist, 2003).

I den nationella utvärderingen (Andersson m.fl., 2005) har man sammanställt ämneskvalifikationerna hos NO-lärarna. I undersökningen 2003 hade lärarna i medeltal 45 hp (högskolepoäng) i biologi, dvs. mindre än ett års biologistudier. Det kan vara svårt att hinna lära sig så mycket biologi att man verkligen förstår den evolutionära processen under denna tid.

Gymnasielärare har ju mer ämnesutbildning och måste ha minst 90 hp i de ämnen de undervisar i. Frågan är om det är tillräckligt mycket biologi för att ge verklig förståelse av evolutionsteorin.

En amerikansk studie undersökte kunskaperna i evolution hos blivande biologilärare som gick på utbildning (Nehm & Schonfeld, 2007). Nästan alla (95%) hade 'bachelor degree' eller motsvarande i biologi (motsvarar närmast kandidatexamen i Sverige; 180 hp). Denna grupp visade stora brister i sina kunskaper om evolutionsprocessen;

*"Misconceptions about evolution and natural selection were frequently employed as explanations. The majority of teacher answers to the Bishop and Anderson essay question, for example, contained misconceptions."*(Nehm & Schonfeld, 2007, s. 708).

En studie av amerikanska 'high school' lärare (motsvarar gymnasielärare) visade även den stora svagheter i lärarnas kunskaper i evolution (Rutledge & Warden, 2000);

*"The teachers exhibited only a marginal level of understanding of basic evolutionary concepts, as well as of the means by which scientific knowledge is generated"* (Rutledge & Warden, 2000, s. 30).

Även spanska biologilärare visade klara brister i sin förståelse av evolution (Jiménez Aleixandre, 1994).

## **Diskussion**

Efter min tid som lärare på högskola har jag fått intrycket av att det först är under de första åren på forskarutbildningen som studenterna har assimilerat och integrerat tillräckligt mycket biologisk kunskap för att kunna utveckla en verklig förståelse av evolutionsteorin. Detta styrks även av en kanadensisk undersökning;

*"Students at the graduate level exhibited a relatively good understanding of evolutionary mechanisms ... This level of understanding is much greater than is usually reported for high-school students and undergraduates"* (Gregory & Ellis, 2009, s.797)

Det kanske är så att svenska biologilärare på gymnasiet har för låg utbildningsnivå för att kunna undervisa i evolution.

Svenska lärares biologiutbildning är inte väldigt annorlunda jämfört med amerikanska lärare, och det finns troligen motsvarande brister i evolutionskunskap även hos de svenska gymnasielärarna. Om det är så blir problemet mer omfattande, det räcker då inte att reformera undervisningen i evolution i det svenska skolsystemet, utan även lärarna behöver vidareutbildas i evolution.

### **3. Enkätundersökning av gymnasieelevers kunskaper**

#### **3.1 Metod**

Jag utvecklade ett enkelt frågeformulär med tre frågor (se Appendix 1), två flervalsfrågor och en öppen fråga. Två av frågorna (en flervals och den öppna) tog jag precis som de var från NU-03 (Andersson m.fl., 2005), den tredje frågan tog jag från Wallin (2004), men ändrade ett svarsalternativ eftersom jag tyckte det ursprungliga alternativ var oklart.

Jag testade en årskurs på ett naturbruksgymnasium. Det var tre olika klasser som gjorde testen. De fick information om att testen var till för att undersöka hur mycket de visste om evolution och att det var en del av en undersökning om evolutionsundervisning i skolan. De fick också reda på att testen var frivillig, och att den var anonym, de behövde alltså inte skriva namn på testen. Det var årskurs ett som testades, och de har inte haft någon undervisning i evolution på gymnasienivå, så resultaten är jämförbara med de från NU-03 som gjordes i årskurs nio.

Alla närvarande elever gjorde testet och jag fick in totalt 44 svar.

Kategoriseringen av svaren på den öppna frågan följde Wallin (2004). Först delades de in i alternativa förklaringar och vetenskapliga förklaringar. De alternativa förklaringarna kunde delas in i ett antal kategorier, och för varje kategori har jag angett de karakteristiska ord som eleverna använde;

behov – ord som 'behov', 'behövde', 'var tvungna', 'för att de ska kunna', 'måste ha det' ingick

allmän utveckling – ord som 'har utvecklat', 'har blivit' ingick

övriga – ord som 'strävan', 'påverkan från miljön', 'lärt sig', 'övat upp' ingick

De vetenskapliga förklaringarna kategoriserades utifrån fem komponenter. Här har också exempel på termer eleverna använde angetts.

variation – 'vissa individer är snabbare'

överlevnad – 'vissa överlever bättre'

reproduktion – 'parar sig', 'fortplantar sig'

arv – 'gener fördes vidare', 'förde vidare till sina barn'

ackumulation – 'snabbare och snabbare för varje generation'

Exempel på kategorisering:

*"Dom snabbaste fick tag på mest mat. Blev därför starkare. Då var det dom som fick para sig. Deras snabba gener fördes vidare"*

Här ingår variation (dom snabbaste), reproduktion (fick para sig) och arv (snabba gener fördes vidare).

*"Att endast de snabbaste geparderna från de första generationerna överlevde, eftersom det var de som fick mestadels av maten. Därför fick de snabbaste & starkaste som överlevde fortplanta sig och sprida sina gener vidare till nästa generation. På så sätt blev geparderna snabbare & snabbare för varje generation"*

Här ingår alla kategorier; variation (de snabbaste), överlevnad (överlevde), reproduktion (fick fortplanta sig), arv (sprida sina gener vidare till nästa generation) och ackumulation (snabbare och snabbare för varje generation).

### **3.2 Resultat**

De två första frågorna var flervalsfrågor, och alla elever besvarade dessa frågor

Fråga ett handlar om variationens uppkomst. Fördelningen mellan de fyra alternativen var;

a. Individens behov	10	(23%)	
b. Slumpvis förändring	7	(16%)	(rätt svar)
c. Artens strävan	8	(18%)	
d. Påverkan från miljön	19	(43%)	

Fråga två handlar om uppkomsten av resistens hos myggor. Fördelningen mellan de fyra alternativen var;

a. Enskilda myggor utvecklar resistens	22	(50%)	
b. Populationerna behövde bli resistent	6	(14%)	
c. Några var resistent innan	3	( 7%)	(rätt svar)

d. Några råkade överleva, ungarna blev resistent 13 (29%)

Fråga tre var en öppen fråga; Hur geparden har utvecklat sin förmåga att springa fort. Svarens fördelning på olika kategorier blev:

Inget svar 8 (18%)

Alternativa förklaringar

Behov 21 (48%)

Allmän utveckling 6 (14%)

Övriga 4 (9%)

Vetenskapliga förklaringar

2 komponenter 2 (4%)

>2 komponenter 3 (7%)

### **3.3 Analys av resultat**

Min undersökning visar en lika bristfällig kunskap i evolution bland eleverna som andra studier. På flervalsfrågorna får de rätta alternativet minst andel av svaren i båda fallen.

På den första frågan (16% rätt) är denna grupp betydligt sämre än riksgenomsnittet, där 31% svarade rätt (Andersson m.fl., 2005), men det är på samma nivå som Wallin (2004) hade i sina tester (17%, 15% och 22%).

På den andra frågan var det endast 7% som angav rätt svarsalternativ. I Wallins (2004) tester var det 16% som avgav rätt svar, men här hade jag bytt ut ett av alternativen.

På den öppna frågan fick 11% G i denna test. För hela Sverige var motsvarande siffra 7% (Andersson m.fl., 2005).

I stort sett kan man säga att eleverna i detta test överensstämde med tester på andra svenska elever. Endast en liten del av eleverna har basala kunskaper i evolution, den största delen valde alternativa förklaringar. När de formulerade det själva (fråga 3), angav nästan hälften av eleverna behov som drivkraft i evolutionen.

När jag genomförde testerna fick jag inget intryck av att eleverna hade någon färdig idé om evolution som de tillämpade. De verkade jämföra och bedöma de olika alternativen och avgöra vilken de ansåg mest sannolik. Det var heller ingen överensstämmelse mellan svaren på de olika frågorna hos en och samma individ. En elev som inte valde individens behov på fråga ett kunde använda behov som förklaring i fråga tre.

## 4. Att förstå evolution

### 4.1 Varför så svårt att förstå?

*”Evolutionary theory is probably one of the most counterintuitive ideas the human mind has encountered, so far.”* (Evans, 2008, s. 270)

Det finns flera svårigheter med att förstå evolutionsprocessen. Naturlig selektion omfattar ett antal fenomen som normalt inte ingår i vår vardagsvärld. Det innebär att förståelse av evolution och naturlig selektion kräver att man tänker på ett annat sätt och har ett annorlunda synsätt än för de flesta andra fenomen i våra liv (Wallin, 2004; Evans, 2008; Sinatra m.fl., 2008; Thagard & Findlay, 2009). Här följer några av de faktorer som gör det svårt att förstå evolution;

1. De flesta händelser i vardagslivet har ett syfte eller mål, vilket evolution inte har. Att resonera utifrån ett syfte eller mål är ett teleologiskt tänkande, som vi använder spontant i de flesta vardagliga sammanhang (”Bina samlar honung för att överleva vintern”) (Rosset, 2008). Tillämpas detta tänkande på evolution så resonerar vi ’fel’, dvs. evolutionen fungerar inte så. Naturlig selektion verkar just nu, de förändringar som sker beror på de faktorer som verkar här och nu, inte på hur det kommer att vara längre fram. Evolutionen kan aldrig utveckla något för framtiden. Men teleologiskt tänkande sitter djupt i vårt mentala system, även hos vuxna (Kelemen & Rosset, 2009).

*“adopting the teleological construal is not just something people find useful to do, but is something that we are compelled to do because of the way our minds are designed.”* (Kelemen, 1999, s. 278).

2. Antropomorfism, att icke mänskliga organismer tillskrivs mänskliga egenskaper, är vanligt i vardagsspråket (”När det börjar bli kallt bestämmer flyttfåglarna sig för att starta flyttningen”). När det används i evolutionära resonemang så ger det ingen relevant förklaring på fenomenen och skapar förvirring hos eleverna (Anderson m.fl., 2002). Detta sätt att resonera och tänka är så vanlig att det även dyker upp i läroböcker (se ovan [2.2]), och till och med i vetenskapliga sammanhang. Ett av de mest spridda evolutionära begreppen på senare år, Dawkin’s (1976) ’selfish gene’, är ju en antropomorfism (Sullivan, 1995). (I Darwin-citatet ovan [1.2] använder Darwin en antropomorfism, men han noterar att han använder den!)

3. Vardagligt tänkande är typologiskt, vilket innebär att man ser saker av samma slag som en kategori, som reagerar och beter sig enhetligt (Evans, 2008). Det innebär att man ser en art som en kategori, och artens förändring som en process där alla individer förändras samtidigt på samma sätt. Detta tänkesätt gör det mycket svårt att förstå evolution som en populationsprocess där arter förändras genom förändringar i frekvenser av egenskaper mellan generationer (Shtulman & Schulz, 2008).

4. Vi är inställda på att hantera skeenden som händelser, men selektion är en statistisk jämvikts- och sannolikhetsprocess, vilket väldigt få har träning i att hantera tankemässigt (Ferrari & Chi, 1998; Thagard & Findlay, 2009). En händelse är tydlig och åtskild, den har en början och ett slut, den orsakas oftast av något, den når ett mål och delmomenten sker i en sekvens. En jämviktsprocess däremot pågår överallt, den har varken början eller slut,

resultatet är oförutsägbart och en statistisk nettoeffekt och allt pågår samtidigt (Ferrari & Chi, 1998).

*“Darwin’s theory concerns biological processes that are statistical and emergent in ways that do not fit well with common sense explanations.”* (Thagard & Findlay, 2009)

5. Evolution är en process som verkar och får effekt på många olika nivåer; molekyl, gen, individ, population, art och högre taxa, samhällen och ekosystem. För att kunna föra ett resonemang om evolution måste man vara klar över vilken organisationsnivå det handlar om i det aktuella fallet, och vilka processer som verkar på den nivån (Ferrari & Chi, 1998; Knippels m.fl. 2005). Det kan i många fall skapa förvirring när eleverna inte är klara över vilken nivå det handlar om, eller inte har tillräcklig förståelse av processerna på den nivån.

6. Evolution är en process som sker i små steg under mycket långa tidsperioder. För att förstå processen måste man inse vilka oerhörda tidsperioder det handlar om, vilket är mycket svårt för de flesta elever (Dodock & Orion, 2003; Dodick, 2007). Vår hjärna har svårt att hantera ’deep time’.

7. Många termer som används i biologi är vardagstermer med helt olika betydelse i vardagsspråket jämfört med deras betydelse inom biologi. Detta gäller även termer inom evolutionsbiologi. Ett exempel är ordet ’anpassning’ som i vardagslag oftast är något som gäller en individ under en kortare tid, men som inom evolutionsteori är en populationsprocess över flera generationer (Pedersen & Halldén, 1994). En annan sådant term är fitness som i vardagslag betyder att vara sund och vältränad, men som inom evolutionsteorin handlar om relativ reproduktiv framgång.

8. För att verkligen förstå evolution behöver man kunskap från många olika ämnesområden; molekylärbiologi, genetik, populationsgenetik, populationsekologi, beteendekologi, samhällsekologi, paleontologi, systematik osv. Det är inte lätt för elever med ganska grundläggande biologikunskaper att förstå de resonemang som behöver föras. Om läraren då förenklar och använder liknelser och paralleller finns det risk att budskapet blir oklart och felaktigt.

När man ser de få och enkla förutsättningar som krävs för att naturlig selektion skall verka kan man få intryck av att det är en enkel process. Men evolution är inget enkelt fenomen, det kräver ett totalt annorlunda sätt att tänka jämfört med vardagstänkandet, och det är en komplex och svårgreppbar process som kräver insikt och kunskap från en mängd olika områden. Jag tror det är viktigt att inse att evolutionsprocessen är en kontraintuitiv och svår process, och att det är en stor del av förklaringen till varför elever, och alla andra, har så svårt att förstå evolution.

*“Learning demand can be viewed as a gap – the distance between everyday and scientific account of a phenomenon – and, consequently, greater distances will create greater learning demand”* (Olander, 2010, s. 20).

Det innebär att det krävs mycket tid, resonemang, övningar och förklaringar för att verkligen förankra evolutionärt tänkande hos eleverna.

## 4.2 Hur lär man ut evolution?

### Teoretiska aspekter på evolutionsundervisning

Det dominerande paradigmet inom lärande verkar vara konstruktivism eller socialkonstruktivism. Andersson (2001) beskriver det kortfattat som ”att kunnande ses som individuellt konstruerat men socialt medierat”. Vilka konsekvenserna för undervisningen blir av detta perspektiv är inte helt klart, men Ogborn (1997) kondenserade det till;

*“What is valuable in constructivism, namely the insistence on active learning, on respect for the pupil’s own thinking, and on the high priority needed for ideas taught to make sense to pupils, together with the reminder that science is a human product, is important to retain without its additional and ill-founded philosophical baggage.”*

Lijnse’s (2000, s. 313) kommentar till dessa fyra punkter var;

*“It is hard to think of anyone who would not agree with these ideas.”*

Sen fortsätter han;

*“So the real issue does not concern the theoretical or philosophical validity of those four starting points ..., but rather the didactic quality with which they are applied in practice. ... However, this problem has, as yet, scarcely been taken up as a task for researchers in science education. Its solution is largely left (as an impossible task) to teachers.”* (Lijnse, 2000, s. 313)

Så vad kan läraren använda för sin undervisning?

Det tänkande som under lång tid har dominerat när det gäller evolutionsundervisning är begreppförändringsmodellen (’conceptual change model’) (Posner m.fl., 1982; Vosniadou 1994; Evans, 2008; Treagust & Duit, 2008). Den utgår från att eleverna har alternativa idéer och att eleverna skall fås att förändra eller byta ut dessa mot vetenskapliga idéer.

*“The basic idea of science instruction for conceptual change, that is the conceptual change model, is simple. It is based on the constructivist notion that all learning is a process of personal construction and that students, given an opportunity, will construct a scientifically orthodox conception of physical phenomena if they see that the scientific conception is superior to their pre instruction conception.”* (Cobern, 1996, s. 580).

Detta tänkande har även nått beslutsfattare och andra grupper som påverkar utbildningen;

*“recent research on students’ conceptual misunderstandings of natural phenomena indicates that new concepts cannot be learned if alternative models that explain a phenomenon already exist in the learner’s mind”* (Committee on Undergraduate Science Education, National Research Council, 1997, s. 28, citerad i Alters & Nelson, 2002).

Förändringen av elevers förklaringsmodell kan ske på olika sätt. Demastes m.fl (1996) beskriver fyra olika typer av begreppförändring hos elever, som de benämner ’cascade of changes’, ’wholesale changes’, ’incremental changes’ och ’dual constructions’.



Begreppförändringsmodellen har också ifrågasatts. Lijnse (2000) menar att elevernas ursprungliga idéer är kvalitativt annorlunda jämfört med vetenskapliga förklaringar. Genom att jämföra elevernas idéer med de vetenskapliga skapar man en konflikt som egentligen inte finns, och försvårar elevernas inläring:

*"Their [the pupils] particles simply **are** small-scale macroscopic objects, and their particle models essentially **are** macroscopic accounts. ... they are **not** talking about **our** molecules. As far as our molecules are concerned, we think it is best to say that they do not have any ideas at all. ... from the pupils' point of view ... they are to replace some of their existing ideas about **their** particles with other (and quite strange) ideas about **their** particles, which are then called 'scientific'."*

*"If appropriately interpreted, there are no alternative beliefs to overcome and be replaced by 'scientific' ones. Moreover, by inappropriately equating pupils' particles to the particles that figure in scientific particle models and by treating their particle models on par with scientific particle models, ... cannot lead to a proper understanding of scientific particle models. At best, pupils will arrive at a hybrid between their particle models and scientific particle models."* (Lijnse, 2000, s. 316-317).

Geraedts & Boersma (2006) argumenterar att studenterna inte självklart har färdiga alternativa förklaringsmodeller som de använder när de får frågor om evolution;

*"We prefer to regard students' responses to our questions as the result of dynamic mental processes, ... the expression of our behaviour and cognition may follow a stable pattern for some time, yet it is always an instantaneous dynamic construction. This means that if we pose a question about inheritance, the student does not select one of his or her pre-existing conceptions (or misconceptions) about heredity, but construct an answer instantaneously."* (Geraedts & Boersma, 2006, s. 844).

Eftersom de inte är säkra på att elevernas alternativa förklaringar verkligen är stabila konstruktioner som behöver förändras ser de inget värde i begreppförändringsmodellen;

*"There is simply no reason to follow a conceptual change strategy when there are no misconceptions that have to be changed."* (Geraedts & Boersma, 2006, s. 845).

En sådan syn förklarar också varför elever sällan är konsekventa utan ger olika svar mellan uppgifter och i olika sammanhang (Clough & Driver, 1986; Kampurakis & Zogza, 2009).

Begreppförändringsmodellen har använts som utgångspunkt i många studier, men den säger inget om hur undervisningen skall bedrivas i klassrummet. Det är en för generell teori för att den skall kunna ge direkta anvisningar för hur undervisningen skall läggas upp. Det har dock börjat utvecklas väldigt konkreta förslag på hur undervisningen inom ett visst område skall genomföras för att eleverna verkligen skall få insikt i ämnet. De kallas ämnesdidaktiska teorier ("content-oriented theories"; "didactical structures"; "domain-specific theories") (Wallin, 2004; Andersson & Wallin, 2006). Syftet med dem är både att utveckla undervisningsinstruktioner som är direkt tillämpbara för praktiserande lärare, och att få insikt i hur elever lär sig och får förståelse i ett visst ämnesområde (Andersson & Wallin, 2006). I Wallin (2004) finns en detaljerad beskrivning av en sådan planering för evolution.

*"This study shows that you can design teaching that helps students to construct a scientific model of biological evolution."*(Hagman m.fl., 2002, s. 118).

## **Empiriska aspekter på evolutionsundervisning**

Ett fenomen när det gäller evolutionsteori är att det hos eleverna, liksom resten av befolkningen, finns en mängd alternativa idéer ('misconceptions') som inte överensstämmer med de vetenskapliga teorierna. Dessa alternativa idéer är svåra att förändra, och de understöds hela tiden av media, populärvetenskap och andra källor (Wescott & Cunningham, 2005). Alternativa idéer om evolution har rapporterats i en mängd studier (Bishop & Anderson, 1990; Jimenez-Aleixandre, 1992; Jimenez-Aleixandre, 1994; Ferrari & Chi, 1998; Andersson, 2001; Southerland m.fl., 2001; Anderson m.fl., 2002; Wescott & Cunningham, 2005; Geraedts & Boersma, 2006; Nehm & Schonfeld, 2007; Gregory & Ellis, 2009; Kampourakis & Zogza, 2009; Wescott & Cunningham, 2009; se även sammanställningar hos Wallin, 2004; Gallucci, 2007).

Några exempel på alternativa idéer inom evolutionsundervisning är:

- *Förändringar hos organismer initieras av förändringar i miljön.* I vardagstänkandet påverkas ett system direkt när det sker en förändring; gödslar man växter så växer de bättre. Den direkta kopplingen finns inte vid en evolutionär förändring. Där går förändringen via arvsanlagen, och finns det inte variation i den aktuella egenskapen så blir det ingen förändring. Nu är det oftast så att det finns en variation inom populationen, och det kan därmed ske en anpassning efter miljöförändringen, men det är inte miljöförändringen som direkt initierar förändringen.
- *Evolution sker genom en gradvis förändring av egenskaperna hos alla individer i populationen.* I vardagstänkandet är det individerna som förändras när det sker en förändring; på sommaren blir alla solbrända, när man gödslar växter blir alla plantor större och kraftigare. För att förstå evolution måste man tänka om från kortsiktiga förändringar på individnivå till långsiktiga förändringar på populationsnivå, och vårt vardagstänkande innehåller bara det första alternativet. Den insikt som saknas är att evolutionär förändring inte sker genom förändringar på individnivå utan genom förändringar på genetisk nivå, som kräver nya generationer för att synas.
- *Förändringar sker beroende på om organismerna använder eller inte använder kroppsstrukturer.* Detta tänkande grundas på vardagserfarenhet hur det fungerar på individnivå; en muskel som inte används minskar och förtvinar, en muskel som tränas blir stor. Här måste man göra klart skillnaden mellan vad som händer med en individ och vad som händer vid evolutionär förändring, och visa att generna inte påverkas av individens aktiviteter, och att erfarenheter och förändringar hos individen inte kan föras vidare till nästa generation. För att verkligen förstå detta måste eleven ha viss genetisk kunskap.
- *Evolution är en process som leder till framsteg, förbättring och högre utvecklade organismer.* Det här är teleologiskt tänkande, dvs att evolutionen är på väg mot något. Händelser och processer i vardagslivet är ju ofta planerade, och därmed målinriktade. De är ett steg mot ett uppsatt mål. Att få eleverna att helt släppa detta sätt att tänka är

inte lätt, det måste verkligen poängteras att naturlig selektion bara kan verka här och nu, och aldrig kan vara på väg mot något mål.

- *Utveckling styrs av organismernas behov.* Det mesta i vardagslivet är behovsstyrt, saker görs för att det behövs. Att tänka sig en process där behoven inte styr alls, oberoende hur starka de är, är inte lätt. För att det skall kunna ske en utveckling i en viss riktning måste variationen finnas, och variationen skapas av slumpen, oberoende av behoven. Kanske kan diskussioner och övningar om alla arter som har dött ut bidra till insikten att behoven, även om det handlar om överlevnad eller utdöende, inte styr den evolutionära utvecklingen.
- *Förvärvade egenskaper kan ärvas.* Var den nu kommer ifrån, så är tanken att förvärvade egenskaper kan ärvas ganska spridd inom vardagstänkandet. Återigen krävs det den genetiska kunskap som visar att vägen från gen till kropp är enkelriktad, genen påverkar kroppen, men kroppen kan aldrig påverka genen.
- *Alla individer av en art är lika.* Detta är ett typologiskt tänkande, och eftersom naturlig selektion bygger på skillnader mellan individer inom en population omöjliggör detta tänkande förståelsen av evolution. Eleverna måste inse att alla individer i en population är olika, och att alla egenskaper i en population visar variation på samma sätt som synliga karaktärer som kroppslängd och hårfärg hos oss.
- *Anpassning är en individuell förändringsprocess.* I vårt vardagsliv är förändringar och anpassningar till miljön oftast något som händer individen under dess levnad, t ex anpassning till kyla eller värme, anpassning till sol genom solbränna. I naturlig selektion är förändring något som händer på populationsnivå, det sker ingen evolutionär förändring hos individen under dess levnad. Här har eleven inte förstått skillnaden mellan anpassning i vardagslivet och anpassning som en evolutionär process. Det kräver att man ingående förklarar och arbetar med hur den evolutionära processen går till och tillämpar det i en rad situationer, och hela tiden framhåller att det inte handlar om förändringar på individnivå. Det underlättar inte för eleverna att en term som används har helt olika betydelse i vardagslivet och inom fackämnet. Kanske skulle man försöka använda andra termer än just anpassning; t ex adaptation, som är en term de inte använder i vardagslivet.
- *När en egenskap inte är till nytta för individen så ärvs den inte till avkomman.* Här är det troligen idén att evolutionen fungerar rationellt som ligger bakom, liksom även okunnigheten om den enkelriktade vägen mellan gen och kropp. De flesta händelser och processer vi ser i vardagslivet är skapade av människan, och därmed rationella. Det är då svårt att acceptera en totalt irrationell process. Exempel på strukturer som utvecklats på ett irrationellt sätt (t ex vårt öga) kan kanske vara en del av undervisningen här.
- *Mutationer uppkommer när de behövs.* Återigen behovstanken. Här krävs kunskap om att mutationer är helt slumpmässiga, och att den variation som uppkommer alltså är helt oberoende av behov och endast styrs av slumpen. Det är återigen ett helt nytt sätt att tänka jämfört med vardagstänkandet; en process utan syfte och tanke.
- *Evolutionen verkar mot ett mål.* Ett typiskt exempel på teleologiskt tänkande som vårt sinne verkar programmerat att använda vid problemlösning. Idén att en process verkar

för att nå ett mål är mycket stark, och det krävs riktat arbete från läraren för att eleven skall inse att evolutionen inte verkar så. Kanske kan evolutionära exempel där evolutionen bytt riktning hjälpa till här; ryggradsdjuren går upp på land och sedan går några (valarna) tillbaka till havet, fåglar som förlorar flygförmågan.

Dessa alternativa idéer anses vara ett stort hinder vid undervisning i evolution.

*"[Some people argue] that pupils' ideas have been shown to be strongly resistant to change. However, as yet, it has only been shown that such ideas are strongly resistant to our teaching, underlining the necessity of didactical progress."* (Lijnse, 2000, s. 324).

En komplikation, som inom naturvetenskapen är unik för evolutionsteorin, är att den kan komma i konflikt med elevernas trossystem, och i vissa fall leda till att eleverna vägrar acceptera evolution, och därmed gör undervisningen mycket svårare (Alters & Nelson, 2002; Brem m.fl., 2003; Evans, 2008; Lovely & Kondrick, 2008). I vissa fall leder ökad kunskap om evolution till ökad acceptans av teorin (Stuhlman & Calabi, 2008), i andra fall inte (Nehm & Schonfeld, 2007). Detta fenomen är främst ett problem i USA och Kanada, men kan förekomma även i Sverige.

Det har genomförts många studier, utvärderingar och undervisningsexperiment inom evolutionsundervisning. Många av dessa studier har lagt fram förslag på förbättringar av undervisningen i evolution. Eftersom dessa förslag och rekommendationer kan vara till hjälp vid utformandet av en evolutionsundervisning har jag samlat några av dem här.

En förutsättning för att förstå, acceptera och kunna använda evolutionsteorin är att man känner till hur vetenskap fungerar (Rutledge & Warden, 2000; Alters & Nelson, 2002; Lombrozo m.fl., 2008). Det finns en mängd missuppfattningar om hur vetenskap fungerar hos allmänheten (McComas, 1998; Sandoval & Morrison, 2003). Kunskap om hur vetenskap fungerar är också nödvändig för att påvisa skillnaden mellan evolutionsteori och andra icke vetenskapliga förklaringar till livets uppkomst och utveckling (Nelson, 2007).

*"Science teachers without a more complex understanding of the nature of science will likely lack the pedagogical content knowledge required to teach evolution for scientific understanding."* (Eick, 2000, s. 2).

En nödvändig aspekt för att förstå evolutionsprocessen är att inse under vilka oändliga tidsperioder selektionen har verkat. Många elever har svårt att ta till sig 'deep time' (Libarkin m.fl., 2005), och det påverkar deras syn på evolution (Cotner m.fl., 2010). Det är dock inte lätt att hitta metoder för att skapa den insikten hos eleverna (Truscott m.fl., 2006; Hillis 2007).

Många studier har visat att elever saknar insikt om inomartsvariation (Bishop & Anderson, 1990; Ferrari & Chi, 1998). Utan kunskap om skillnader mellan individer av samma art blir det omöjligt att förstå naturlig selektion, som ju bygger på denna individuella variation. Det är också viktigt att få eleverna att förstå att uppkomsten av denna variation är slumpmässig (Andersson & Wallin, 2006).

Det har också föreslagits att man skall använda människan som exempel (och exempel från människan) så mycket som möjligt (Alles & Stevenson, 2003; Nelson, 2008; Werth, 2009).

När det gäller undervisningsmetoder har man fört fram undervisning med hög elevaktivitet ("structured active learning"; "interactive engagement") som fördelaktig (Jiménez Aleixandre, 1992, Nelson, 2008). Den har i flera undervisningsförsök visat sig ge bättre resultat än "traditionell undervisning" (Hake, 2002; Sundberg, 2003).

Och så till slut, det kanske finns helt andra sätt att arbeta;

*"Students who read Jonathan Weiner's Pulitzer prize-winning book, The Beak of the Finch (1995), develop a deeper and more comprehensive understanding of the processes of evolution and natural selection than any students we have ever seen who rely solely on lectures and introductory textbooks."* (Anderson m.fl., 2002, s. 954).

I några fall har man utvecklat undervisningspaket och testat på elevgrupper (se sammanställning i Wallin, 2004). Ofta har resultatet varit en besvikelse; även om andelen elever som har förståelse ökar så är det ofta mindre än 50% av eleverna som har förståelse efter undervisningen. I några fall, Jiménez Aleixandre (1992) och Wallin (2004) hade 60% respektive drygt 70% av eleverna en viss förståelse efter undervisningen.

### **Att få elever att förstå evolution**

Utgångspunkten är att det faktiskt är svårt att förstå evolution. En stor del av de svårigheter att tänka vetenskapligt om evolution som framkommit i många studier beror kanske inte så mycket på att eleven har alternativa idéer som att eleven har svårt att förstå och sätta sig in i området. De alternativa idéer som framkommer i undersökningar och tester visar kanske mer att eleverna i situationen tillämpar sitt vardagstänkande när de besvarar frågorna, därför att de inte har en tillräckligt grundad och sammanhängande vetenskaplig förståelse att använda vid testtillfället. Elevernas svårigheter att lära sig evolution skall inte ses främst som motstånd mot att ändra sina idéer om fenomenet utan mer som svårigheter att få verklig insikt och skapa en sammanhängande och i nya situationer användbar förklaringsmodell.

*"Thus, students' piecemeal understanding of the individual Darwinian principles leave them with the illusion of having understood Darwinism when in fact they harbour essential misconceptions about the Darwinian mechanism for explaining evolution."* (Ferrari & Chi, 1998, s. 1249).

Det är vanligt att läroböcker presenterar förutsättningarna för naturlig selektion och beskriver resultatet, men ägnar sen nästan inget utrymme alls åt att förklara processen. För att kunna tänka evolutionärt och ha förmågan att tillämpa sitt tänkande på olika problem och frågeställningar måste man ha en djup förståelse av naturlig selektion som process.

*"This and other observations convinced us that the key to comprehension of this complex domain lies in the details, and that understanding the process of natural selection is just as important as understanding the outcome."* (Anderson m.fl., 2002, s. 954).

För att den förståelsen skall uppstå måste man få eleverna att inse hur processen går till och dessutom tillämpa teorin på många olika fenomen och många olika organisationsnivåer; från molekyler till samhällen.

Utifrån dessa ganska allmänna idéer, utifrån den information som presenterats i den här uppsatsen och utifrån biologisk kunskap är det möjligt att arbeta fram ett konkret utbildningspaket i evolutionskunskap, men det är en uppgift för en annan uppsats.

## **5. Sammanfattande diskussion**

### **Svensk evolutionsundervisning**

Svenska elever, liksom elever internationellt, har stora brister i sin kunskap och förståelse av den evolutionära processen.

I Sverige är detta grundat redan i styrdokumentet där ämnesplaner och kursplaner inte har fört in evolutionärt tänkande och evolutionära resonemang som en integrerad del i all biologi, utan mer behandlar det som en förklaring till vissa fenomen inom biologin.

Detta går igen i de flesta läroböcker, där evolution behandlas i ett kapitel, och sen inte finns med i resten av boken, och där presentationen av ämnet även i detta kapitel i flera fall är undermålig.

Eleverna verkar inte ha någon verklig förståelse för evolution som de kan grunda sitt resonemang på, utan de använder sitt vardagstänkande och förklarar evolution utifrån t ex behov.

Om man därtill lägger att många lärare själva har bristande kunskaper och använder alternativa förklaringar till evolutionära fenomen blir det uppenbart att det inte finns förutsättningar för att svenska eleverna skall ha goda kunskaper i evolution.

För att det skall ske en förändring krävs insatser på många nivåer. Styrdokumentet måste förändras, och det ser ut som den nya ämnesplanen för Biologi i GY2011 har en bättre formulering när det gäller evolution (Skolverket, 2010b). Men även i det nya gymnasiet läser näsan alla inriktningar endast Naturkunskap (50 p), vilket medför små möjligheter till fördjupad kunskap. De flesta elever kommer alltså även i fortsättningen att endast ha de kunskaper i evolution de fick på grundskolan.

Det finns bra läroböcker som till stor del har integrerat evolutionstänkandet i stora delar av texten, och man kan hoppas att den trenden fortsätter.

När det gäller lärarnas kunskaper så är den beroende av biologiutbildningen på universitet och högskolor. Jag har ingen insikt i hur den är upplagd, men utifrån de kunskapsbrister om evolution som påvisats hos svenska lärare borde den kunna förbättras när det gäller evolution.

### **Att undervisa för förståelse**

Evolutionsteorin är svår för eleverna att förstå; den är kontraintuitiv och kräver därför ett helt annat tänkande än vardagstänkandet, och det krävs kunskaper från många olika ämnesområden för att ha insikt i hela processen.

I genomgången av alternativa idéer framgår det tydligt att elevernas vardagstänkande utgår från individnivå och att förändringarna sker där. Detta tänkande fungerar på de flesta fenomen i vår vardag, och är en riktig förklaring till de flesta händelser vi möter i vårt liv, men det fungerar inte när det gäller evolution. Jag ser det inte som att eleverna har en alternativ förklaringsmodell för evolution, det verkar mer som de tillämpar den generella förklaringsmodellen de har för alla fenomen. Det handlar då inte om att byta ut den förklaringsmodell eleverna har, den fungerar bra i de flesta sammanhang, utan att visa att evolutionära fenomen kräver en helt annan typ av förklaringar. Det viktiga för läraren i evolution måste då bli att verkligen visa och betona att evolution fungerar på ett helt annat vis. Läraren behöver visa att evolution sker genom förändringar på gennivå, inte på individnivå, och därför bara kan ses genom förändringar hos efterföljande generationer, inte genom förändringar hos individer.

Det borde gå att ta fram arbetsmaterial där det individuella tänkandet inte går att tillämpa. Ett möjligt underlag för en sådan arbetsuppgift kunde vara Darwinfinkarnas näbblängd, och hur den selekteras i olika situationer. Eleverna kan ganska lätt fastställa att fåglarna inte kan ändra sin näbblängd under sin livstid, på samma sätt som vi inte kan förändra vår skostorlek. När man sen med materialet visar att finkar med olika näbblängd har olika överlevnad, och att medelvärdet för näbblängden förändras mellan generationer, skulle det vara möjligt att leda tänkandet i riktning mot förändring mellan generationer i stället för förändring hos individer. Detta tänkande skulle sedan övas utifrån fler situationer och exempel.

Undervisning i evolution måste vara grundad på insikten att evolution är en process som är svår att förstå utifrån vardagstänkandet, att den faktiskt på många sätt går rakt emot vårt vanliga sätt att tänka. Läraren måste lägga mycket tid på att förklara hur själva processen går till, och visa att den verkar på helt andra sätt och på helt andra organisationsnivåer än vad man tror. Evolutionsundervisningen måste bli en inbjudan att tänka på ett helt nytt sätt.

## **Framtida forskning**

Den här studien kan ses som en förstudie där strukturer i evolutionsundervisningen i den svenska skolan, svenska elevers förkunskaper och svårigheterna med att förstå evolution kartläggs och analyseras. I den här studien utvecklas och tillämpas också en enkel kunskapstest på evolutionskunskap. Med detta som bakgrundsmaterial kan man ta nästa steg och påbörja utvecklingen av ett undervisningspaket i evolution där man beaktar de svårigheter eleverna har med förståelse, och utveckla undervisningsmoment som hjälper eleverna att få verklig förståelse och insikt. Om denna undervisning sen tillämpas på en elevgrupp kan det utvecklade testet användas för att jämföra kunskaperna före och efter undervisningen.

## **6. Sammanfattning**

Den här uppsatsen studerar några aspekter på evolutionsundervisningen i den svenska gymnasieskolan. Skolverkets kurs- och ämnesplaner analyseras, ett antal läroböcker i biologi analyseras, elevernas kunskapsnivå i evolution i den svenska skolan undersöks, lärarnas kunskaper diskuteras och en test i evolutionskunskap utvecklas och tillämpas på en grupp elever. En stor del av uppsatsen är en genomgång av de svårigheter eleverna har när det gäller förståelse av evolutionsteorin, och en analys för att verkligen förstå orsakerna till dessa

svårigheter. Uppsatsen avslutas med en diskussion om hur en evolutionsundervisning som verkligen ger förståelse skall utformas.

## Referenser

- Alles, D.L. & Stevenson, J.C. (2003). Teaching human evolution. *The American Biology Teacher* 65: 333-339. (Hämtad 19 april, 2010 från <http://fire.biol.wvu.edu/trent/alles/ABTpapertwo.pdf>).
- Alters, B.J. & Nelson, C.E. (2002). Perspective: Teaching evolution in higher education. *Evolution* 56: 1891-1901. (Hämtad 9 april, 2010 från [http://life.bio.sunysb.edu/~spgp/2004\\_02\\_10/Alters\\_and\\_Nelson\\_2002.pdf](http://life.bio.sunysb.edu/~spgp/2004_02_10/Alters_and_Nelson_2002.pdf)).
- Andersson, B. (2001). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap. Forskningsresultat som ger nya idéer*. Stockholm: Skolverket. (Hämtad 15 april, 2010 från <http://stud.hsh.no/home/120967/skole/NA60/didaktikk/elevers%20tankande%20och%20skolans%20naturvetenskap.pdf>).
- Andersson, B., Bach, F., Olander, C. & Zetterqvist, A. (2005). *Nationella utvärderingen av grundskolan 2003 (NU-03). Naturorienterande ämnen*. Stockholm: Skolverket. (Hämtad 25 februari, 2010 från <http://www.skolverket.se/publikationer?id=1418>).
- Andersson, B. & Wallin, A. (2006). On developing content-oriented theories taking biological evolution as an example. *International Journal of Science Education* 28: 673-695. (Hämtad 7 april 2010 från [https://130.241.16.4/dspace/bitstream/2077/19367/1/gupea\\_2077\\_19367\\_1.pdf](https://130.241.16.4/dspace/bitstream/2077/19367/1/gupea_2077_19367_1.pdf)).
- Anderson, D.L., Fisher, K.M. & Norman, G.J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching* 39: 952-978. (Hämtad 5 april, 2010 från <http://bioliteracy.colorado.edu/Readings/NaturalSelectionCI.pdf>).
- Beardsley, P.M. (2004). Middle school student learning in evolution: Are current standards achievable? *American Biology Teacher* 66: 604-612. (Hämtad 5 april, 2010 från [http://www.nabt.org/websites/institution/File/pdfs/american\\_biology\\_teacher/2004/066-09-0604.pdf](http://www.nabt.org/websites/institution/File/pdfs/american_biology_teacher/2004/066-09-0604.pdf)).
- Bishop, B.A. & Anderson, C.W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 27, 415-427. (Hämtad 24 februari, 2010 från [http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content\\_storage\\_01/0000019b/80/2f/3c/f0.pdf](http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/2f/3c/f0.pdf)).
- Björndahl, G., Landgren, B. & Thyberg, M. (2007). *Spira. Biologi A*. Stockholm: Liber.
- Brem, S.K., Ranney, M. & Schindel, J. (2003). Perceived consequences of evolution: College students perceive negative personal and social impact in evolutionary theory. *Science*



*Education* 87: 181-206. (Hämtad 8 april, 2010 från <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.109.3910&rep=rep1&type=pdf>).

Clough, E.E. & Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education* 70: 473-496. (Hämtad 17 april, 2010 från [http://www.google.com/books?hl=sv&lr=&id=IWI9AAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA263&dq=related:8IQRA-7AjkUJ:scholar.google.com/&ots=r22jG3\\_2M-&sig=rpBlyCQvz54qLzjvZyt3N1pcpnU#v=onepage&q&f=false](http://www.google.com/books?hl=sv&lr=&id=IWI9AAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA263&dq=related:8IQRA-7AjkUJ:scholar.google.com/&ots=r22jG3_2M-&sig=rpBlyCQvz54qLzjvZyt3N1pcpnU#v=onepage&q&f=false)).

Cobern, W.W. (1996). [Worldview theory and conceptual change in science education](#). *Science Education* 80: 579-610. (Hämtad 15 april, 2010 från <http://www.wmich.edu/slcsp/SLCSP124/SLCSP-124.pdf>).

Cotner, S., Brooks, D.C. & Moore, R. (2010). Is the age of earth one of our “sourest troubles”? Students’ perceptions about deep time affect their acceptance of evolutionary theory. *Evolution* 64: 858-864. (Hämtad 19 april, 2010 från <http://www.cbs.umn.edu/bioprog/staff/cotner/age-of-earth-evo-march2010.pdf>).

Dawkins, R. (1976). *The selfish gene*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Darwin, C. (1872). *The origin of species by means of natural selection*. Sixth edition. London, UK.: Murray. (Hämtad 5 april, 2010 från <http://www.gutenberg.org/files/2009/2009-h/2009-h.htm#2HCH0004>).

Demastes, S.S., Good, R.G. & Peebles, P. (1996). Patterns of conceptual change in evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 33: 407-431. Hämtad 10 april, 2010 från <http://faculty.weber.edu/eamsel/Classes/Seminar%20%28Psy%204990%29/Papers/Demastes1996.pdf>).

Dodick, J. (2007). Understanding evolutionary change within the framework of geological time. *McGill Journal of Education* 42: 245-264. (Hämtad 6 april, 2010 från <http://mje.mcgill.ca/article/viewFile/2222/1692>)

Dodick, J. & Orion, N. (2003). Cognitive factors affecting student understanding of geologic time. *Journal of Research in Science Teaching* 40: 415-442. (Hämtad 6 april, 2010 från [http://stwww.weizmann.ac.il/menu/publications/earth/jrst\\_article.pdf](http://stwww.weizmann.ac.il/menu/publications/earth/jrst_article.pdf))

Eick, C.J. (2000). Inquiry, nature of science, and evolution: The need for a more complex pedagogical content knowledge in science teaching. *Electronic Journal of Science Education* 4. (Hämtad 19 april, 2010 från <http://wolfweb.unr.edu/homepage/crowther/ejse/eick.html>).

Evans, E.M. (2008). Conceptual change and evolutionary biology: A developmental analysis. I: Vosniadou, S. (ed.) *International Handbook of Research on Conceptual Change*, (s. 263-294). New York, NY, USA: Routledge. (Hämtad 5 april, 2010 från <http://www-personal.umich.edu/~evansem/IHCC-Evans-Chapter.pdf>).

Ferrari, M. & Chi, M.T.H. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education* 20: 1231-1256.

Gallucci, K.K. (2007). *The case method of instruction, conceptual change, and*

*student attitude*. Doctoral Thesis, North Carolina State University, Raleigh. (Hämtad 14 april, 2010 från <http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-10112007-132733/unrestricted/etd.pdf>).

Geraedts, C.L. & Boersma K.T. (2006). Reinventing natural selection. *International Journal of Science Education* 28: 843-870.

Gregory, T.R. (2009). Understanding natural selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach* 2: 156-175. (Första sidan hämtad 5 april, 2010 från <http://www.springerlink.com/content/2331741806807x22/fulltext.pdf?page=1>)

Gregory, T.R. & Ellis, C.A.J. (2009). Conceptions of evolution among science graduate students. *BioScience* 59: 792-799. (Hämtad 5 april, 2010 från [http://www.eurekalert.org/images/release\\_graphics/pdf/5-Gregory.pdf](http://www.eurekalert.org/images/release_graphics/pdf/5-Gregory.pdf)).

Hagman, M., Olander, C. & Wallin, A. (2002). Research-based teaching about biological evolution. I: Lewis, J., Magro, A. & Simonneaux, L. (Eds.), *Biology Education for the Real World. Student – Teacher – Citizen* (pp. 105-119). Proceedings of the IVth ERIDOB Conference. Toulouse: Ecole National de Formation Agronomique. (Hämtad 18 april, 2010 från <http://na-serv.did.gu.se/publist/pubfiler/MHERIDOB02.pdf>).

Hake, R.R. (2002). Lessons from the Physics-Education Reform Effort. *Conservation Ecology* 5. (Hämtad 22 april, 2010 från <http://www.ecologyandsociety.org/vol5/iss2/art28/main.htm>).

Henriksson, A. (2000). *Naturkunskap A*. Malmö: Gleerups.

Henriksson, A. (2000). *Naturkunskap B*. Malmö: Gleerups.

Hillis, D.M. (2007). Making evolution relevant and exciting to biology students. *Evolution* 61:1261-1264. (Hämtad 10 april, 2010 från <http://www.plantbio.uga.edu/courses/pbio8700/current/Hills%20Evol%2007.pdf>).

Jiménez Aleixandre, M.P. (1992). Thinking about theories or thinking with theories?: A classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education* 14: 51-61.

Jiménez Aleixandre, M.P. (1994). Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching* 31: 519-535.

Karlsson, J., Krigsman, T., Molander, B.-O. & Wickman P.-O. (2005). *Biologi A med Naturkunskap*. Stockholm: Liber.

**Kampourakis, K & Zogza, V. (2009).** Preliminary Evolutionary Explanations: A Basic Framework for Conceptual Change and Explanatory Coherence in Evolution. *Science and Education* 18: (Hämtad 9 april, 2010 från <http://www.ucalgary.ca/uofc/Others/ihpst07/proceedings/IHPST07%20papers/114%20Kampourakis.pdf>).

Kelemen, D. (1999). Beliefs about purpose: On the origins of teleological thought. S. 278-294 i: Corballis, M. C. & Lea, S. E. G. (Eds.). *The descent of mind: Psychological perspectives on*

*hominid evolution*. New York, NY, US: Oxford University Press. (Abstract hämtad 9 april, 2010 från <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1999-04113-014>).

Kelemen, D. & Rosset, E. (2009). The Human Function Compunction: Teleological explanation in adults. *Cognition* 111: 138-143. (Hämtad 18 april, 2010 från <http://www.bu.edu/childcognition/publications/KelemenRosset%282009%29.pdf>).

Knippels, M.C.P.J., Waarlo, A.J. & Boersma, K.T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education* 39: 108-112. (Hämtad 12 april, 2010 från <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.113.2619&rep=rep1&type=pdf>).

Lerner, L.S. (2000). *Good science, bad science: Teaching evolution in the states*. Long Beach, CA, USA: Thomas B. Fordham Foundation. (Hämtad 6 april, 2010 från [http://eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content\\_storage\\_01/0000019b/80/16/a0/e3.pdf](http://eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/16/a0/e3.pdf)).

Libarkin, J.C., Anderson, S.W., Dahl, J., Beilfuss, M. & Boone, W. (2005). Qualitative analysis of college students' ideas about the earth: Interviews and open-ended questionnaires. *Journal of Geoscience Education* 53: 17-26. (Hämtad 19 april, 2010 från <http://jd030.k12.sd.us/images/libarkinetalJGE2005.pdf>).

Lijnse, P. (2000). Didactics of science: the forgotten dimension in science education research? In Miller, R., Leach, J., & Osborne, J. (Eds.), *Improving science education - the contribution of research* (pp. 308-326). Buckingham, UK: Open University Press. (Hämtad 15 april, 2010 från <http://www1.phys.uu.nl/research/assessment/keypublications/Lijnse.pdf>).

Lindelöf, S. (red.) (2003). *Naturkunskap A*. Göteborg: Bok & Webb.

Ljunggren, L., Söderberg, B. & Åhlin, S. (2003). *Liv i utveckling. Miljö i förändring*. Stockholm: Natur och Kultur.

Lombrozo, T., Thanukos, A. & Weisberg, M. (2008). The importance of understanding the nature of science for accepting evolution. *Evolution: Education and Outreach* 1: 290-298. (Hämtad 9 april, 2010 från [http://cognition.berkeley.edu/Publications\\_files/LombrozoThanukosWeisberg-EEO-2008.pdf](http://cognition.berkeley.edu/Publications_files/LombrozoThanukosWeisberg-EEO-2008.pdf)).

Lovely, E.C. & Kondrick, L.C. (2008). Teaching evolution: challenging religious preconceptions. *Integrative & Comparative Biology* 48: 164-174. (Hämtad 5 april, 2010 från <http://icb.oxfordjournals.org/cgi/reprint/icn026v1>).

Mayr, E. (1982). *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge, MA, USA: Belknap Press of Harvard University Press.

McComas, W.F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. I: McComas, W.F. (ed.) *The Nature of Science in Science Education*, (s.53-70). Amsterdam, Holland: Kluwer Academic Publishers. (Hämtad 19 april, 2010 från <http://www.springerlink.com/index/x2n575v0233272r8.pdf>).

Moody, D.E. (1998). Evolution and the textbook structure of biology. *Science Education* 80: 395-418. (Abstract hämtad 5 april, 2010 från <http://www3.interscience.wiley.com/journal/63816/abstract>).

Nehm, R.H. & Schonfeld, I.S. (2007). Does increasing biology teacher knowledge of evolution and the nature of science lead to greater preference for the teaching of evolution in schools? *Journal of Science Teacher Education* 18: 699-723. (Hämtad 5 april, 2010 från <http://ehe.osu.edu/edtl/research/nehm-laboratory/downloads/Nehm-Schonfeld-2007.pdf>).

Nelson, C.E. (2005). How can we help students really understand evolution? *Bioscience* 55: 923. (Hämtad 13 april, 2010 från <http://caliber.ucpress.net/doi/full/10.1641/0006-3568%282005%29055%5B0923%3AHCWHSR%5D2.0.CO%3B2>).

Nelson, C.E. (2007). Teaching evolution effectively: A central dilemma and alternative strategies. *McGill Journal of Education* 42: 265-283. (Hämtad 18 april, 2010 från <http://mje.mcgill.ca/article/download/2223/1693>).

Nelson, C.E. (2008). Teaching evolution (and all of biology) more effectively: Strategies for engagement, critical reasoning, and confronting misconceptions. *Integrative and Comparative Biology* 48: 213–225. (Hämtad 5 april, 2010 från <http://icb.oxfordjournals.org/cgi/reprint/48/2/213>)

Ogborn, J. (1997). Constructivist Metaphors of Learning Science. *Science & Education* 6: 121-133. (Abstract hämtat 15 april, 2010 från <http://www.springerlink.com/content/wn858637w201342x/>).

Olander, C. (2010). *Towards an interlanguage of biological evolution*. Göteborg Studies in Educational Sciences 288. Göteborg: Acta Universitatis Gothenburgensis. (Hämtad 6 februari, 2010 från [http://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/21558/2/gupea\\_2077\\_21558\\_2.pdf](http://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/21558/2/gupea_2077_21558_2.pdf))

Padian, K. (2008). Trickle-down evolution: an approach to getting major evolutionary adaptive changes into textbooks and curricula. *Integrative and Comparative Biology* 48: 175-188. (Hämtad 5 april, 2010 från <http://icb.oxfordjournals.org/cgi/reprint/48/2/175>).

Pedersen, S. & Halldén, O. (1994). Intuitive ideas and scientific explanations as parts of students developing understanding of biology: The case of evolution. *European Journal of Psychology of Education* 9: 127-137.

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: 211-227. (Hämtad 16 april, 2010 från [http://uqu.edu.sa/files2/tiny\\_mce/plugins/filemanager/files/4281471/%20Posner.pdf](http://uqu.edu.sa/files2/tiny_mce/plugins/filemanager/files/4281471/%20Posner.pdf)).

Rosset, E. (2008). It's no accident: Our bias for intentional explanations. *Cognition* 108: 771-780. (Hämtad 18 april, 2010 från <http://www.bu.edu/childcognition/publications/Rosset%282008%29.pdf>).

Rutledge, M.L. & Warden, M.A. (2000). Evolutionary theory, the nature of science and high school biology teachers: critical relationships. *The American Biology Teacher* 62: 23-31.

(Hämtad 5 april, 2010 från [http://www.nabt.org/websites/institution/File/pdfs/american\\_biology\\_teacher/2000/062-01-0023.pdf](http://www.nabt.org/websites/institution/File/pdfs/american_biology_teacher/2000/062-01-0023.pdf)).

Sandoval, W.A. & Morrison, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching* 40: 369-392. (Hämtad 14 april, 2010 från <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.62.5750&rep=rep1&type=pdf>).

Shtulman, A. & Calabi, P. (2008). Learning, Understanding, and Acceptance: The Case of Evolution. *Proceedings of the 30<sup>th</sup> Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (s. 235-240). (Hämtad 5 april, 2010 från <http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/Proceedings/2008/pdfs/p235.pdf>).

Shtulman, A. & Schulz, L. (2008). The Relation Between Essentialist Beliefs and Evolutionary Reasoning. *Cognitive Science* 32: 1049-1062 (Hämtad 8 april, 2010 från <http://web.mit.edu/eccl/papers/shtulmanschulz.pdf>).

Sinatra, G.M., Brem, S.K. & Evans, E.M. (2008). Changing minds? Implications of conceptual change for teaching and learning about biological evolution. *Evolution: Education and Outreach* 1: 189-195. (Hämtad 5 april, 2010 från <http://www.drbrem.net/sinatrabremevans.pdf>).

Skolverket (2010a). *Kursinfo 2009/10*. Gymnasial utbildning. (Hämtad 24 februari, 2010 från <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0910&skolform=21&infotyp=2&id=21>)

Skolverket (2010b).GY2011. Ämnesplan biologi. (Hämtad 17 maj, 2010 från <http://www.skolverket.se/sb/d/3401>)

Skoog, G. (2008). *The Coverage of Human Evolution in High School Biology Textbooks in the 20<sup>th</sup> Century*. (Hämtad 6 april, 2010 från [http://www.socialsciences.cornell.edu/0609/Skoog\\_HumanEvolutionCornellFC.pdf](http://www.socialsciences.cornell.edu/0609/Skoog_HumanEvolutionCornellFC.pdf)).

Skoog, G. & Bilicia, K. (2002). The emphasis given to evolution in state science standards: a lever for change in evolution education? *Science Education* 86: 445-462. (Hämtad 6 april, 2010 från <http://www.clas.ufl.edu/users/krigbaum/proseminar/skoog.pdf>).

Southerland, S.A., Abrams, E., Cummins, C. L. & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanation of biological phenomena: Conceptual frameworks or P-prims? *Science Education* 85: 328-348. (Hämtad 9 april, 2010 från [http://www.colorado.edu/MCDB/LearningBiology/readings/Southerland\\_etal\\_2001.pdf](http://www.colorado.edu/MCDB/LearningBiology/readings/Southerland_etal_2001.pdf)).

Sullivan, L.G. (1995). Myth, metaphor and hypothesis: How anthropomorphism defeats science. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London, B*. 349: 215-218. (Hämtad 8 april, 2010 från [http://philosci40.unibe.ch/lehre/winter06/philo\\_bio/sullivan.pdf](http://philosci40.unibe.ch/lehre/winter06/philo_bio/sullivan.pdf)).

- Sundberg, M.D. (2003). Strategies to help students change naive alternative conceptions about evolution and natural selection. *Reports of the National Center for Science Education* 23(2). (Hämtad 22 april, 2010 från <http://ncse.com/rncse/23/2/strategies-to-help-students-change-naive-alternative-concept>).
- Svanfeldt, K., Svensson, M. & Kättström, T. (2007). *Ellips. Naturkunskap kurs A*. Stockholm: Natur och Kultur.
- Swarts, F.A., Anderson, O.R. & Swetz, F.J. (1994). Evolution in secondary school biology textbooks of the PRC, the USA, and the latter stages of the USSR. *Journal of Research in Science Teaching* 31: 475-505. (Abstract hämtad 8 april, 2010, från <http://www3.interscience.wiley.com/journal/114287634/abstract>)
- Thagard, P. & Findley, S. (2009). Getting to Darwin: Obstacles to Accepting Evolution by Natural Selection. *Science & Education* (Hämtad 9 april, 2010 från <http://cogsci.uwaterloo.ca/Articles/getting-darwin.2009.pdf>)
- Treagust, D.F. & Duit, R. Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education* 3: 297-328. (Hämtad 17 april, 2010 från [http://www.educ.uvic.ca/chat/Springer/Treagust\\_Duit200b.pdf](http://www.educ.uvic.ca/chat/Springer/Treagust_Duit200b.pdf)).
- Truscott, J.B., Boyle, A., Burkill, S., Libarkin, J. & Lonsdale, J. (2006). The concept of time: can it be fully realised and taught? *Planet* 17: 21-23. (Hämtad 19 april, 2010 från <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.96.1604&rep=rep1&type=pdf#page=21>).
- Viklund, G., Backlund, P & Lundegård, Iann (2007). *Naturkunskap A*. Stockholm: Bonnier Utbildning.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction* 4: 45-69. (Hämtad 9 april, 2010 från <http://www.cs.phs.uoa.gr/en/staff/32.%20vosniadou%201994.pdf>).
- Wallin, A. (2004). *Evolutionsteorin i klassrummet. På väg mot en ämnesdidaktisk teori för undervisning i biologisk evolution*. Göteborg Studies in Educational Sciences 212. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis. (Hämtad 10 februari, 2010 från [https://gupea.ub.gu.se/dspace/bitstream/2077/9494/2/gupea\\_2077\\_9494\\_2.pdf](https://gupea.ub.gu.se/dspace/bitstream/2077/9494/2/gupea_2077_9494_2.pdf))
- Weidow, B., Sors Widell, L. & Andersson, I. (2005). *Växt- och djurliv*. Stockholm: Natur och Kultur/Fakta.
- Werth, A.J. (2009). Clearing the highest hurdle: Human-based case studies broaden students' knowledge of core evolutionary concepts. *The Journal of Effective Teaching* 9: 38-53. (Hämtad 18 april, 2010 från [http://www.uncw.edu/cte/et/articles/Vol9\\_2/Werth.pdf](http://www.uncw.edu/cte/et/articles/Vol9_2/Werth.pdf)).
- Wescott, D.J. & Cunningham, D.L. (2005). Recognizing student misconceptions about science and evolution. *Mountain Rise* 2. (Hämtad 5 april, 2010 från [http://fiu.academia.edu/documents/0053/7106/Wescott\\_\\_\\_Cunningham\\_2005\\_MountainRise.pdf](http://fiu.academia.edu/documents/0053/7106/Wescott___Cunningham_2005_MountainRise.pdf)).

Wescott, D.J. & Cunningham, D.L. (2009). Still More “Fancy” and “Myth” than “Fact” in Students’ Conceptions of Evolution. *Evolution: Education and Outreach* 2: 505-517. (Hämtad 9 april, 2010 från [http://fiu.academia.edu/documents/0053/6562/Cunningham\\_\\_\\_Wescott\\_2009\\_Still\\_More\\_Fancy\\_and\\_Myth.pdf](http://fiu.academia.edu/documents/0053/6562/Cunningham___Wescott_2009_Still_More_Fancy_and_Myth.pdf)).

Zetteqvist, A. (2003). *Ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi, en intervjuundersökning med no/biologilärare*. Göteborg Studies in Educational Sciences 197. Göteborg: Acta Universitatis Gothenburgensis. (Engelsk sammanfattning hämtad 26 februari, 2010 från <http://gupea.ub.gu.se/dspace/handle/2077/15946>)

## Appendix 1

### Frågor om evolution

1. I framtiden kommer med stor sannolikhet helt nya ärftliga egenskaper att utvecklas hos levande organismer – egenskaper som aldrig funnits tidigare. Vad är ursprunget till en helt ny ärftlig egenskap? Ringa in det påstående som passar bäst.

- a. Individens behov av egenskapen.
- b. Slumpvisa förändringar av arvsmassan.
- c. Artens strävan efter att utvecklas.
- d. Påverkan från miljön

2. Ett antal myggpopulationer är numera resistenta mot DDT (ett insektsgift), vilket medför att DDT inte längre dödar myggorna. Hur har denna resistens uppkommit? Ringa in det påstående som passar bäst.

- a. Enskilda myggor utvecklade DDT-resistans efter att ha blivit utsatta för medlet.
- b. Myggpopulationerna behövde bli DDT-resistenta för att kunna överleva.
- c. Några få myggor var troligen DDT-resistenta redan innan medlet började användas
- d. Några myggor råkade överleva och deras ungar blev resistenta

3. Geparder kan springa fort, runt 100 km/timme, då de jagar. Hur skulle en biolog förklara att egenskapen att springa fort har utvecklats, om man antar att geparden härstammar från förfäder som kunde springa runt 30 km/timme?