

Vitenskap som prosess eller dogme?

Historien om bjørkemåleren

Av Craig Holdrege

Bjørkemåleren brukes gjerne i biologiundervisningen og i lærebøker på videregående skole, så vel som på høyskolenivå, for å illustrere evolusjon ved naturlig seleksjon. Historien, slik den gjerne er blitt fortalt, går som følger: Bjørkemåleren, *Biston betularia*, er en møll (nattsommerfugl) som opptrer i en lys og en mørk form, jf. fig 1.



Fig. 1 Lys og mørk form av *Biston betularia*

Den normale («originale») formen har en lys og spottete fremtoning. Et eksemplar av den mørke typen ble først fanget i 1848, nær Manchester i England. Dette var altså bare 11 år før publikasjonen av Darwins *Artenes opprinnelse*. I årene etterpå ble hyppigheten av den mørke varianten observert å øke i ulike deler av England. Denne økningen har pågått like til våre dager, slik at det i visse regioner nå bare finnes mørke varianter. Hvorfor denne endringen? Svaret er nesten selvsinnlysende ut fra fotografiene vist i fig. 2.



Fig 2A



Fig. 2B

I bilde 2A ser vi en trestamme av den typen en finner på landsbygda i England, langt borte fra industrialiserte regioner: Lav dekker eiketreet og gir det en variert overflate som gjør det vanskelig å oppdage den lyse bjørkemåleren; den mørke bjørkemåleren trer derimot tydelig frem. Som en kontrast ser vi at trær som vokser i industrialiserte regioner (bilde 2B), er mørke av sot og praktisk talt fri for lav. På slike trær er den mørke varianten perfekt kamuflert og den lyse varianten står tydelig frem - nesten som et

sår i barken. Fugler som spiser bjørkemålere har blitt observert og fotografert idet de fanger dem, og det er bevist at de "favoriserer" overlevelsen av de mørke variantene i de industriforurensede skogene og de lyse variantene i de uforurensede skogene (Hardin, 1996, s. 183).

Den teksten som dette er referert fra ble publisert i 1966. Nyere fremstillinger gir en tilsvarende versjon av denne klassiske historien. Men enkelte ganger oppdaterer lærebøkene historien: På grunn av de nye lovene om luftforurensning, som kom på 1960-tallet både i Storbritannia og i USA, ble luftkvaliteten merkbart forbedret rundt industrisentrene. Antallet mørke bjørkemålere nær slike sentra i Storbritannia har siden falt signifikant, mens den lyse varianten igjen er blitt den fremherskende. Den evolusjonære trenden har blitt reversert. Et slående tilfelle av parallell evolusjon er funnet i skogene nær Detroit, der over 90% av bjørkemålerne i 1960 var mørke, mens det i 1994 bare var 20%.

Denne type evolusjon er blitt kalt industri-melanisme. (Melanin er det pigmentet som gjør vingene mørke.) Tilfellet eksemplifiserer det darwinistiske synet på evolusjonen: Vi har en art som fremviser fenotypiske variasjoner (lyse og mørke former), som den naturlige seleksjonen kan operere på. I dette tilfellet predaterer fugler selektivt på iøynefallende møll og fordi bakgrunnsfargen endrer seg, vil også populasjonen endres. - »Hadde Darwin observert industrimelanisme, ville han ha sett evolusjonen opptre ikke i løpet av tusener av år, men i løpet av tusener av dager - altså godt innenfor hans egen levetid. Han ville ha vært vitne til fullbyrdselsen av og bekreftelsen på sitt livsverk.» (Kettlewell, 1959, s. 33)

Oppvåkningen

På begynnelsen av 1980-tallet begynte jeg å undervise omkring bjørkemålerens evolusjon [1] på et universitetsforberedende biologikurs i Tyskland. Når jeg brukte dette eksemplet kunne jeg på en klar måte utvikle begrepene omkring mutasjon og retningsbestemt naturlig seleksjon, som faktorer i evolusjonen. Dette er begreper som er påkrevet i det statsregulerte pensum. Siden jeg bare underviste om bjørkemåleren som et eksempel for å tydeliggjøre visse begreper, og siden jeg bare kunne bruke kort tid på dette temaet, brukte jeg beskrivelser fra

lærebøker og andre sekundære kilder. I hovedsak underviste jeg i historien slik den er beskrevet ovenfor, og inkluderte enkelte av resultatene fra H. B. D. Kettlewell's eksperimenter, som jeg vil drøfte i det følgende.

I 1986 kom jeg over en kort rapport på ny forskning angående bjørkemåleren. Rapporten gav meg et oppvåkningssjokk. Den siste setningen hevdet at Cyril Clarke, hvis forskning er summert opp i journalen *Naturwissenschaftliche Rundschau* (9: 406, 1986), hadde forsket på bjørkemåleren i 25 år og i løpet av denne tiden kun funnet to - 2 - eksemplarer på dagtid i deres naturlige habitat. Hva er det som foregår her, spurte jeg meg selv. Jeg har vist studenter fotografier av bjørkemålere på trestammer og fortalt dem om fugler som selektivt plukker ut de som er mest iøynefallende etc. Og her har noen forsket på bjørkemåleren i 25 år og rapporterer å ha sett bare to stykker! Jeg bestilt umiddelbart Clarke's artikkel (Clarke et al., 1985) og mitt studium av primærlitteraturen begynte. I løpet av de kommende årene begynte et helt annet bilde av bjørkemåleren og dens evolusjon å stige frem. Det er et mye rikere og mer gåteladet bilde enn den skarpt tilskårne historien vi innledet med.

Hvor er bjørkemåleren?

Så underlig som det kan synes vet ingen hvor bjørkemåleren befinner seg på dagtid. Clarke's oppdagelse av de to bjørkemålerne på 25 år er mer enn andre forskere kan stå frem med. Hvordan har da bjørkemålerne blitt studert? Forskere går inn i skogen på natten og setter på sterke lamper som tiltrekker nattaktive insekter. På denne måten kan de også fange bjørkemålere. De setter også opp såkalte samlefaller, som huser jomfruelige hunner. Disse sender feromoner ut i luften, noe som får hannene til å gå i fellen. Hannene flyr kun inn i fellene om natten; de er aldri blitt fanget på dagtid. Siden en sjelden, hvis noensinne, ser bjørkemålere på dagtid, er det antatt at de hviler ett eller annet sted i skogen og blir aktive om natten.

Hvis bjørkemålerne ikke er observert om dagen, hvor kommer så de vakre fotografiene av bjørkemålere på trær fra? Generelt rapporterer ikke forfatterne under hvilke forhold bildene ble laget. Jeg har funnet slike referanser bare i en artikkel av Lees og Creed (1975). De beskri-

ver hvordan bjørkemålerne blir drept, limet opp på trestammer og så fotografert. De fleste fotos i lærebøkene er kopier av Kettlewell's arbeide - som også bildene ovenfor. Kettlewell selv beskriver ikke hvordan bildene er laget. Siden de lyse og de mørke formene så åpenbart er plassert der for å vise kamuflasje eller mangel på kamuflasje, antar jeg at også han brukte døde eksemplarer og arrangerte bildet. Lesere vil normalt (og kanskje noe naivt) anta at de ser på et naturlig fenomen, hvis de da ikke er informert om noe annet. Det inntrykksfulle bildet av bjørkemålerens kamuflasje, er gjerne det som setter seg fast. Spesielt blir det slik når bildet følges opp av en fortelling som den vi innledet med, en fortelling som ikke gir noe hint om at vi ser på en kunstig og konstruert situasjon. Og som lærebøkene understreker, så fremtrer forklaringen om industriell melanisme nærmest som selvinnyltsende ut fra slike fotografier. Denne selvinnyltsende forklaringen oppløser seg når vi lærer at forskerne ikke fant bjørkemålerne på dagtid og at fotografiene er arrangert av forskerne selv.

Kettlewell (1955, s. 323) hevdet: «Likevel, etter mer enn 25 års observasjon og konstant undersøkelse, har jeg ikke funnet et eneste tilfelle i dette landet (Storbritannia) der noen har vært vitne til at en fugl har oppdaget og spist en møll (moth) av en art med kamuflasjefarger, som satt urørlig på sin rette bakgrunn.»

Kettlewell visste at Storbritannia var et land av gode observatører, med mange fuglekikkere og ornitologer. Hva han ikke nevner er at enkelte møll - som bjørkemåleren - omtrent aldri er blitt sett på dagtid. Hvis en dekker over dette faktum, er det mye lettere å lage en enkel forklaring. Men det en forklarer er ikke den naturlige situasjonen selv. Cyril Clarke summerer opp: «De kan befinne seg i hvile hvor som helst. Den siste historien er at de hviler på bladene i toppen av trærne, men dette er egentlig like uvisst. Svaret er at hvor de enn befinner seg, så er de svært dyktige til å gjemme seg» (siteret hos Kaesuk Yoon, 1996).

Kettlewell's eksperimenter

På 1950-tallet foretok Kettlewell, som var biolog ved Oxford, en serie inntrykksfulle eksperimenter for å se om han kunne observere eksperimentelt det som naturen muligens gjorde på

en mer skjult måte (se Kettlewell 1955, 1956, 1959, 1973). Kettlewell avlet frem bjørkemålere i laboratoriet for å kunne ha et stort nok antall til eksperimenter. Han formerte spesielt opp mange hunner, som sjelden fløy inn i lysfellene om natten. Kettlewell markerte så bjørkemålerne på undersiden av vingene for senere identifikasjon. De lyse og mørke formene ble tidlig om morgenen sluppet løs i så vel forurensede som ikke-forurensede skoger. Senere ble enkelte av bjørkemålerne gjenfanget i lysfellene og i samlefellene. Kettlewell summerer opp resultatene av to slike gjenfangst-eksperimenter (1959, s. 29):

«I en ikke-forurenset skog slapp vi løs 984 bjørkemålere: 488 mørke og 496 lyse. Vi gjenfanget 34 mørke og 62 lyse, noe som indikerte at i disse skogene hadde den lyse formen en klar fordel i forhold til den mørke. Så repeterte vi eksperimentet i de forurensede Birmingham-skogene, der vi slapp løs 630 bjørkemålere: 493 mørke og 137 lyse. Resultatet av det første eksperimentet ble nå fullstendig reversert; vi gjenfanget proporsjonalt to ganger så mange av den mørke formen som av den lyse.»

Der er en klar korrelasjon: I forurensede skoger blir flere mørke former gjenfanget og i ikke-forurensede skoger blir flere lyse former gjenfanget. Men eksperimentet avslører ikke om det er *fugler* som predatorer på bjørkemålerne. Kettlewell undersøkte dette spørsmålet ved å utføre andre eksperimenter. I samarbeid med den velkjente hollandske etologen Niko Tinbergen plasserte Kettlewell bjørkemålere på trestammer (ikke for gjenfangst), der de slo seg til ro (Kettlewell 1956, s. 294). Forskerne gjemte seg og observerte fugler som plukket bjørkemålere fra trestammene; Tinbergen filmet til og med prosessen. Generelt var det slik at de mer iøynefallende formene - de som hadde den «feilaktige» bakgrunnen i forhold til vår standard - ble tatt først. Og etter hvert som de iøynefallende bjørkemålere ble spist, ble deres antall fylt opp igjen (av forskerne o.a.). De kamuflerte bjørkemålere ble også spist, men ikke i så stort antall.

I et fuglehus ble det gjort tilsvarende observasjoner (Kettlewell 1955, s. 328 ff.): Kettlewell observerte at fuglene - et par kjøttmeiser - ikke tok noen bjørkemålere de første to timene, men så i løpet av en time hadde de spist de fleste

av de iøynefallende formene og få av de kamuflerte. Den andre gangen eksperimentet ble utført ble alle bjørkemålerne tatt mer effektivt - dvs. i løpet av en halvtime etter at de var satt ut.

«Det var trolig at meisene ble spesialister på *betularia*, og etter hvert kunne vi se at de inspirerte hver trestamme nøye, den ene etter den andre, straks de ble sluppet inn - og på denne måten tilintetgjorde de hensikten med eksperimentet.»

Kettlewell setter resultatene av gjenfangst-eksperimentene i forbindelse med eksperimentene som gikk på fuglers predasjonsadferd. Han konkluderer: «...effektene av naturlig seleksjon for industrimelanisme som kamuflasje i slike distrikter, kan ikke lenger diskuteres» - og videre: «...fugler fungerer som selektive predatorer slik evolusjonsteorien postulerer» (Kettlewell 1956, s. 341 ff.).

Ser vi hva vi tror?

Kettlewell trodde hans eksperimenter beviste at evolusjonen av bjørkemåleren skyldtes fuglers selektive predasjon. Men hvor overbevisende er denne konklusjonen? Tenk for eksempel på resultatene av hans fuglehuseksperimenter. Han observerte at de to fuglene var mye kvikkere til å ta bjørkemålere etter at de hadde hatt den første erfaringen. De fant også de kamuflerte bjørkemålerne. Hvis en tar *dette* eksperimentelle beviset og forestiller seg det overført til et naturlig habitat, ville det ikke da være rimelig å tenke seg at når den mørke bjørkemåleren (av en eller annen grunn) begynte å spre seg, ville fuglene etter hvert bli stadig bedre til å skille dem ut? Denne konklusjonen er akkurat så fornuftig - men også like spekulativ - som Kettlewell's, som fastslår at siden fuglene spiser den iøynefallende (lyse) formen først, vil den lyse formen bli fåtallig mens den mørke vil øke i antall.

Dette eksemplet viser hvor forskjellig en kan tolke samme eksperiment. Stephen Jay Gould og Richard Lewontin, to av de fremste blant dagens evolusjonister, er svært kritiske til det «adapsjonistiske programmet», som de kaller det - og en av grunnene er «dets uvillighet til å overveie alternativer til adapsjonistiske historier» (Gould og Lewontin, 1979, s. 581). «Uvilligheten» stammer fra en forutdannet idé, som har karakteren av en overbevisning. Ideen om

at fuglers selektive predasjon er den primære årsaksfaktoren i evolusjonen av bjørkemåleren, blir en temmelig rigid paradigmatisk ramme som alle fakta puttes inn i. Hvis Kettlewell ikke hadde vært så overbevist om at det må være fuglers predasjon som forårsaker bjørkemålerens evolusjon, ville han ha kunnet åpne opp for muligheten av alternative forklaringer.

I dette eksemplet kan vi se hvor sterkt en teoretisk ramme influerer på tolkningen av fakta. Når forskere, slik Lynn Margulis formulerer det, «ukritisk aksepterer det hypnotiske konseptet adapsjon» er det en virkelig fare for at de ser hva de tror på (Margulis og Sagan, 1997, s. 272). Når dette skjer får vi den overforenklede fremstillingen, som i lærebøkene beskrivelser gjengitt ovenfor. Det er slik fremstillinger som gjør vitenskap til dogme. Det er ikke spesielt vanskelig å vise at naturlig seleksjon er i virksomhet når man ubemerket vever teorien inn i beskrivelsen av fenomenet. Det du putter inn, kan du få ut igjen. Rudolf Steiner så dette som en fundamental fare i vitenskapen: «Den fundamentale feiltagelsen til mange vitenskapelige bestrebelser i dag er at de tror de rapporterer om rene erfaringer, mens de faktisk bare leser ut av erfaringene de begreper som de allerede har plassert inn i dem» (Steiner, 1988, s. 31). Disse ordene ble skrevet i 1886, uheldigvis har de ikke opphørt å være sanne.

Hvis vi virkelig er interessert i å forstå fenomenene og ikke bare å spille våre ideer i dem, må vi bli mer årvåken mht. vår tenkning for å kunne gjøre den til et mer adekvat og tilpasset instrument for forståelse. En grunnleggende, men viktig erkjennelse kan være at ved å utføre et eksperiment skaper vi en enkel og relativt gjennomskuelig situasjon, som selvsagt *ikke* er identisk med de mer komplekse systemer av interaksjoner som kjennetegner ethvert naturlig fenomen. Vi burde være ekstremt tilbakeholden med å dra konklusjoner som går ut over den eksperimentelle situasjonen selv. Kettlewell's felteksperimenter viser at fugler spiser bjørkemålere som er plassert på trestammer tidlig på morgenen. Men siden bjørkemålere normalt ikke er funnet på trestammer om dagen, hadde Kettlewell skapt en kunstig situasjon - hvilket jo skjer i ethvert eksperiment. Vi må bare innse dette og ikke ganske enkelt konkludere: I naturen spiser fugler selektivt på

bjørkemålere på samme måte som Kettlewell har vist. Vi må være tilbakeholden med konklusjonene for å kunne gjøre vår tenkning fri til å overveie andre, alternative forklaringer og også til å kunne innse hva vi ennå ikke vet.

I stedet for å se på eksperimenter som en måte å bevise eller motbevise en idé, begynner vi å se dem som en måte å samhandle med fenomener [*]. Eksperimentet hjelper oss til å klargjøre våre ideer, å se nye fenomener, å formulere nye spørsmål og å se på naturen med nye øyne.

Alle eksperimenter er ledet av ideer. Uten begrepene om naturlig seleksjon og selektiv predasjon ville brorparten av forskningen på bjørkemåleren sannsynligvis aldri ha blitt utført. Disse ideene har ledet og fokusert forskningen og hjulpet forskerne til å formulere spesifikke spørsmål og oppdage nye fenomener. Problemer oppstår når vi ikke lenger håndterer et begrep som et instrument for å kunne se mer, men som noe vi forventer å finne virkelig gjort i naturen. Når vi velger å betrakte et fenomen på én bestemt måte og bare ser på det som synes å bekrefte vår teori, vil begreper som i første omgang skjerpet vår oppmerksomhet begynne å gjøre oss blinde. Hvis vi derimot kan bruke hypoteser som en måte å komme i gang på, idet vi meget godt vet at de trenger å bli forlatt når vi står overfor fenomenene, vil vi begynne å praktisere en fleksibilitet i tenkningen som leder oss videre inn i fenomenets komplekse rikdom og ikke inn i en monolittisk teoretisk konstruksjon. På denne måten blir bjørkemåleren på sett og vis mer og mer som et dypt spørsmål, heller enn som en rendyrket eksplifisering av en generell teori.

Mer ved melanisme enn det som møter øyet

Dette uttrykket er hentet fra tittelen på en oversiktsartikkel fra 1982 omkring forskning på bjørkemåleren (Jones, 1982). Som tittelen indikerer - og som videre forskning har vist - har bildet av bjørkemålerens evolusjon etter hvert blitt mye mindre entydig.

Reduksjonen i forekomsten av lav på trestammene rundt de industrielle sentra, grunnet luftforurensning, har vært ansett som den primære faktoren i bjørkemålerens evolusjon: Mindre lav ville gjøre de lyse formene mer iøy-

nefallende og de mørke formene bedre kamuflert. I skogene nær Liverpool var andelen av mørke former over 90% i 1959, mens det i 1984 bare var 61% mørke former; populasjonen av lyse former hadde gjort et dramatisk comeback (Clarke et al., 1985). Luftforurensningen hadde gått ned i løpet av disse årene; den falt jevnt og trutt fra 1962 til 1974 og har siden forblitt på et konstant lavt nivå. Selv om grønne arter av lav har gjenerobret trærne, er de lyse lavartene - som gir den lyse bjørkemåleren så god kamuflasje - fortsatt fraværende i disse skogene. (Grønnfargen kan også være et resultat av grønvalger som helt eller delvis dekker de mørke trestammene! o.a.)



Fig. 3. På de grønne trestammene har faktisk ingen av de to formene noen utpreget kamuflasjon. o.a.

På samme måte er det i skogene ved Detroit, der den lyse bjørkemåleren økte fra under 10% av populasjonen i 1960 til over 80% i 1994, selv om lavfloraen ikke har endret seg merkbart i løpet av denne perioden (Grant et al., 1996). Grant foreslår derfor «at lavens rolle er blitt utilstedeilig overbetont i artiklene omkring melanisme hos bjørkemåleren». Det er åpenbart at dersom tettheten og sammensetningen av lav ikke har endret seg, er det svært vanskelig å forstå hvordan selektiv predasjon ved fugler kan være den primære faktoren i evolusjonen av de ulike formene av bjørkemålere.

Dette er ikke det eneste momentet som bi-

drar til å oppløse den enkle og skarpkantede lærebokshistorien. Lees og Creed (1975) rapporterer om forskning som de utførte på landsbygda i de østlige delene av England. De repeterte i hovedsak Kettlewell's eksperimenter, dog med visse variasjoner. I disse skogene var det lite luftforurensning og trærne hadde en «relativt lys» overflate. Når de limet mørke og lyse bjørkemålere på trestammene, ville en menneskelig observatør anse de lyse formene for å være bedre kamuflert enn de mørke formene. Forskerne kom tilbake til trærne med jevne mellomrom og talte opp hvor mange eksemplarer av hver type som fortsatt var der og hvor mange som hadde forsvunnet - presumptivt på grunn av at de var spist opp av fugler. Resultatet passet godt til observasjonen av hvor godt kamuflert eller iøynefallende de enkelte formene var: Flere av de godt kamuflerte, lyse bjørkemålerne forble lenger på trestammene enn de mer iøynefallende mørke formene. Imidlertid, da Lees og Creed fanget ville bjørkemålere i feller, var der omkring 80% mørke former mot 20% lyse - eksakt det motsatte av hva en skulle forvente ut fra eksperimentene. Hvis fugler jakter etter de hvilende bjørkemålerne på dagtid, så skulle de lyse formene ha en seleksjonsfordel. Og likevel syntes skogene å være befolket med langt flere mørke former enn lyse. Andre har gjort liknende motsigelsesfulle funn (Bishop, 1972). Lees og Creed konkluderer: «..enten er predasjonseksperimentene og testene omkring iøynefallendhet - slik et menneske ser det - villedende, eller så er én eller flere faktorer i tillegg til selektiv predasjon ansvarlig for å opprettholde en høy frekvens av melanisme.» (Lees og Creed, 1975, s. 76).

Lærebøkene fortsetter å fremstille det ortodokse bildet av bjørkemålerens evolusjon (et hederlig unntak er gjengitt under). Men virkeligheten er mye mer kompleks - og mer interessant. Hvis en er ute etter et solid "bevis" (for evolusjonseffekten av den naturlige seleksjon, o. a.), så har bjørkemåleren vist seg å være et dårlig eksempel.

Implikasjoner for skoleringen i naturvitenskap

I 1997 underviste jeg en 3.VG-klasse i det komplekse bildet av bjørkemålerens evolusjon. Dette var på en Steinerskole (Hawthorne Valley

School i staten New York), der pensum ikke er statsregulert. Studentene var fascinert av bjørkemåleren og av kontrasten mellom den enkle historien og den komplekse virkeligheten. Vi brukte mer tid på dette eksemplet enn det en vanligvis ville gjøre, fordi jeg ville at de skulle se hvordan vitenskapen rent faktisk foregår og hvordan den er en prosess av oppdagelse og forvandling.

Å undervise på denne måten, ut fra en historisk case-study, krever mer klasseromstid og også mer forskning fra lærerens side enn å fremskaffe mer generelle overblikk. Men det får vitenskapen til å fremstå som levende prosess. Vi lærer hvordan forskere gjør observasjoner, hvordan de formulerer ideer og spørsmål og tester sine hypoteser gjennom eksperimenter. Vi ser hvordan motsigelser oppstår, hvordan begreper blir rigide, og så - ofte gjennom motstand - hvordan de blir modifisert eller til og med forkastet. Studenter begynner å tenke på vitenskap som en prosess som foregår i en historisk kontekst. Kunne vi tenke oss en mer passende måte å lære om *livsvitenskapen*, biologien?

Ved å gå frem på denne måten, får studenter kunnskaper - men deres kunnskap er dynamisk, ikke statisk informasjon. De utvikler evner og måter å nærme seg fenomener på som de kan overføre til mange ulike livssituasjoner. Ungdom er - hvis vi ikke har ødelagt dem for mye - åpne av sinn og interessert i verden. Det har ganske klart mening for dem å lære naturvitenskapen å kjenne (og selvsagt også andre disipliner) - ikke som vedtatte kunnskaper som de skal huske, men som en måte å forholde seg til naturen på som fører til innsikt, så vel som til stadig nye spørsmål.

Et betydelig problem med måten naturvitenskap blir undervist på, og generelt filtrert ned i barns sinn på, er at elevene fylles med vitenskapelige dogmer: De «vet» at i evolusjonen overlever den best tilpassede, de «vet» at hjernen er en computer, de «vet» at hjertet er en pumpe, de «vet» at gener determinerer arv. En oppgave for undervisningen i ungdomsskole og i videregående skole kunne være å oppløse slik dogmatisk «kunnskap» - som i virkeligheten kun er ervervede meninger - ved å fremvise vitenskapen som en prosess. (Jeg har forsøkt å presentere genetikken på denne måten; se

Holdrege, 1999.) I et gitt kurs kan en gjøre dette bare med et fåtall av eksempler. Men denne metoden er mye mer stimulerende for elevene enn å absorbere stor kvanta av ikke-kontekstuell informasjon, som i siste instans bare kan tas i mot som dogmer.

Å undervise i naturvitenskap som en prosess ville bety at man enten reduserte bruken av lærebøker, eller de ville måtte omskapes til kompendier av case-studies - grundige studier av illustrerende enkelttilfeller. Ved gjennomlesning av ulike lærebøker, hvordan de presenterer bjørkemåleren under kapitlene om evolusjon, ble jeg lykkelig overrasket over *en* bok (for videregående) med en kort beskrivelse av bjørkemåleren - presentert under tittelen: «Biologien i prosess» (Towle, 1989, s. 228f). Forfatteren beskriver kort Kettlewell's arbeide og går deretter over til å vise hvordan senere eksperimenter reiser spørsmål omkring forklaringen basert på selektiv predasjon. På denne måten blir oppmerksomheten rettet mot de uløste spørsmålene.

The American Association for the Advancement of Science har publisert et skriv kalt «Retningslinjer for vitenskapelig skoling» (*Benchmarks for Science Literacy*). Dette er en del av *Prosjekt 2061* (det året Halley's komet vil vende tilbake; prosjektet begynte i 1985, sist Halley's komet var her) - som har til hensikt å «hjelpes å forandre nasjonens skolesystem slik at alle elever blir velutdannet i naturvitenskap, matematikk og teknologi» (baksiden av skrivet). Når det gjelder vitenskapelige undersøkelser, erklærer teksten at elever på videregående skoler burde lære at «uansett hvor godt teorien passer til observasjonene, kunne en ny teori muligens passe like godt eller bedre, eller den kunne passe et videre spekter av observasjoner. I vitenskapen vil testing, revisjon og undertiden forkasting av teorier, nye som gamle, aldri ta slutt» (side 8). Det meste av boken står imidlertid i kontrast til denne beskrivelsen av vitenskapen som prosess. I hoveddelen av boken finner en «retningslinjer» for alle nivåer mht. hva som skal være «kjent» på et gitt område for et bestemt årstrinn. På denne måten understreker boken innhold, ikke prosess. For eksempel skal elevene ved slutten av videregående vite at «teorien om naturlig seleksjon gir en vitenskapelig forkla-

ring på livets historie på jorden, slik den fremgår av fossilrekken og av likheter som kommer til syne innenfor mangfoldet av eksisterende organismer» (s. 125).

Straks vi har lært at et av de mest refererte eksemplene på naturlig seleksjon viser seg å være svært uklart, synes ikke da et slikt utsagn å være dogmatisk? Hvis vi underviser i dogmer, vel så er det viktig å vite at naturlig seleksjon er en forklaring. Hvis vi er interessert i å gi en forklaring, siden mesteparten av vitenskapelig kunnskap er svært stabil, vokser ved sakte korrigering og gradvis utvider sine grenser» (s. 5). Hvis den «stabile» kunnskapen gjelder de myriader av fenomener som forskeren oppdager, så kan jeg være enig i dette utsagnet. (Endrede teorier har ikke endret det faktum at insekter har seks bein.) Men hvis en sikter til vitenskapelige teorier og modeller, så synes jeg vi heller skulle stimulere våre elever til kontinuerlig å stille spørsmål ved alt som tenderer mot å bli fikserte standpunkter. Vi skulle stimulere til en kontinuerlig vitenskapelig revolusjon. Akkurat som det i Middelalderen syntes å være et selvsinnlysende faktum at jorden var universets sentrum, vil ganske sikkert mange av dagens «vitenskapelige sannheter» (dvs. teorier) for fremtidens mennesker bli betraktet som historiske trossystemer.

Jeg har understreket case-study som en tilnæringsmåte, der vitenskapelig innsikt fremstår som bevegelig - men jeg ønsker ikke å antyde at dette løser alle problemer. Hvis vi tar eksemplet med bjørkemåleren, må vi innse at denne møllen bare har blitt presentert som et eksempel på evolusjon. Vi har ikke ennå satt oss fore å studere møllen for dens egen skyld - eller ut fra dens egne forutsetninger. I utgangspunktet har vi altså sett på møllen fra et begrenset perspektiv. Det var interessant at en av mine studenter stilte spørsmål ved om bjørkemåleren virkelig er et så godt eksempel på evolusjon. Han sa: det bjørkemåleren egentlig viser oss er

hvordan en art som har ulike former er mer fleksibel og bedre i stand til å overleve som art. Populasjonene og varietetene av arten fluktuerer, men arten som et hele fortsetter å blomstre. Denne studenten reiste implisitt spørsmålet om validiteten ved å bruke små intraspesifikke endringer som en modell for makroevolusjonen [2].

I det samme kurset - «Zoologi og evolusjon» - der jeg underviste om bjørkemåleren, brukte vi en god del tid på å studere to dyr, elefanten og dovendyret. Idet vi gikk ganske inn i detaljene, lærte vi hvordan disse dyrene er integrerte helheter, der alle egenskaper og funksjoner henger sammen og står i forbindelse med hverandre. Hver del av dovendyret har «dovendyr» skrevet over hele seg (Holdrege, 1998). Når vi kom frem til bjørkemåleren og studerte den i lys av evolusjonen, oppdaget jeg - som en kontrast - at vi egentlig ikke gav bjørkemåleren selv en adekvat behandling (noe jeg heller ikke har gjort i dette essayet). Møllen hadde til en viss grad blitt redusert til et eksempel, noe som kunne sammenlignes med å se på dovendyret som et eksempel på tilpasning til et liv i trær. Ganske visst ble bjørkemåleren mer og mer en gåte, selv innenfor et evolusjonært perspektiv. Men det er viktig å være klar over de begrensningene i forståelsen som ligger implisitt i hvordan en formulerer en tematikk. Siden begrensninger også er en bestemt måte å fokusere på - og finne en vei inn i en tematikk på - kan vi ikke ganske enkelt forby synspunkter. Men det vi kan gjøre er å ta i bruk ulike tilnæringsmåter innenfor ulike sammenhenger, og på denne måten vise at det er ulike veier til forståelse - hver med sin styrke, men også sine begrensninger. Dette er en utfordrende øvelse for mental fleksibilitet og mobilitet.

Konklusjon

I flere tiår har bjørkemåleren vært et standard klasseroms- og lærebokseksempel på evolusjon. Millioner av studenter har lært dette «levende eksemplet» på naturlig utvalg. Historien de er blitt fortalt - og blir fortalt - er sannsynligvis feilaktig, eller for å si det litt mer forsiktig - full av halvsannheter. Dette skyldes ikke at lærere og forfattere har hatt intensjon om å lyve, eller dekke over fakta eller vri på fakta. Men det skyldes at eksemplet bare er fremsatt for å bevi-

se et bestemt poeng, slik at komplikasjoner synes å være irrelevante, utenom saken (om enn ikke utenom sannheten). Videre har ideen om naturlig utvalg blitt så fastlåst i moderne sinn, at den er blitt som et par briller som en ikke lenger tar av seg. Begreper blir da aksiomatiske og vitenskapen ender opp med å bli fremsatt i dogmatisk form. Som et korrelat til dette vil naturens komplekse og rike fenomener degenerere (i våre forestillinger) til rene tilfeller av (eksempler på) overgripende prinsipper. I stedet for å virke opplysende, vil ideen - med Goethe's ord - bli en «dødbringende generalisering» (Goethe, 1995, s.61).

Det som holder vitenskapen i live, er ikke denne tendensen henimot tilstivning. Vitaliteten i vitenskapen kommer fra forskere som tviler på sine konklusjoner, konstruerer nye eksperimenter og gjør nye observasjoner. Vitaliteten kommer fra forskere som tenker originale ideer, som bryter gjennom begrensningene i dogmatiske paradigmer. Undervisning i naturvitenskap trenger ikke kun å tjene den vedtatte «kunnskapsmassen». Den kan også tjene den kontinuerlige utforskningen og fornyingen av ideer. Siden det er «mer ved melanisme enn det som møter øyet», kan forskning på bjørkemåleren være en utmerket inngang til den levende forskningsprosessen.

Referanser

- American Association for the Advancement of Science. 1993. *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Bishop JA. 1972. An experimental study of the cline of industrial melanism in *Biston betularia* (L.) (Lepidoptera) between urban Liverpool and rural North Wales. *Journal of Animal Ecology* 41:209-243.
- Clarke CA. 1985. Evolution in reverse: clean air and the peppered moth. *Biological Journal of the Linnean Society* 26:189-199.
- Goethe J W von. 1995. Scientific studies, volume 12 of *Collected Works*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Gould SJ, Lewontin RC. 1979. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society London* B205:581-598.

Grant BS, Owen DF, Clarke, CA. 1996. Parallel rise and fall of melanic peppered moths in America and Britain. *Journal of Heredity* 87:351-357.

Hardin G. 1966. *Biology: its principles and implications*. San Francisco: W.H. Freeman and Company.

Holdrege C. 1996. *Genetics and the manipulation of life: the forgotten factor of context*. Hudson, NY: Lindisfarne Press.

Holdrege C. 1998. The sloth: a study in wholeness. *Newsletter of the Society for the Evolution of Science* 14(1):1-25.

Jones JS. 1982. More to melanism than meets the eye. *Nature* 300:109-110.

Kaesuk Yoon C. 1996. Parallel plots in classic evolution. *New York Times* Nov. 12:C1.

Kettlewell HBD. 1955. Selection experiments on industrial melanism in the Lepidoptera. *Heredity* 9:323-342.

Kettlewell HBD. 1956. Further selection experiments on industrial melanism in the Lepidoptera. *Heredity* 10:287-301.

Kettlewell HBD. 1959. Darwin's missing evidence. In *Evolution and the fossil record, readings from Scientific American*, 1978: 28-33. San Francisco: W.H. Freeman and Company.

Kettlewell HBD. 1973. *The evolution of melanism*. Oxford: Clarendon Press.

nism. Oxford: Clarendon Press.

Lees DR, Creed ER. 1975. Industrial melanism in *Biston betularia*: the role of selective predation. *Journal of Animal Ecology* 44:67-83.

Margulis L, Sagan D. 1997. *Slanted truths*. New York: Springer Verlag.

Steiner R. 1988. *The science of knowing*. Spring Valley, NY: Mercury Press.

Towle A. 1989. *Modern biology*. Austin: Holt, Rinehart and Winston.

Noter

1 « Bjørkemålerens evolusjon » betyr her kun « forandringer av genfrekvenser innenfor bjørkemålerpopulasjon » - ikke noe i retning av ny artsdannelse, utvikling mot høyere kompleksitet eller lignende. O.a.

* For en klargjørende diskusjon om eksperimentets natur og farene vi utsettes for når vi lager konklusjoner ut fra eksperimenter, se Goethe's kimaktige essay *Eksperimentet som formidleren mellom objekt og subjekt* (Goethe, 1995, s 11-17).

2 Jeg vil på ingen måte bli forstått dithen at jeg her går inn for et kreasjonistisk syn (det er her ment amerikansk kreasjonisme! o.a.), som opererer med en forutfattet mening om evolusjonens ikke-eksistens og forsøker å ordne alle mulige fakta til ammunisjon for dette standpunktet. Både en dogmatisk kreasjonisme og en dogmatisk darwinisme hindrer et fordomsfritt syn på fenomenene.

Internationalt seminar i Østrig om tro og viden

ORIGO samarbejder med „The Millstatt Forum“, som i de senere år flere gange har arrangeret internationale seminarer om tro og viden . The Millstatt Forum ledes af dr. Oliver Wilder-Smith.

I år afholdes Millstatt-seminaret den 23.-30. juli i Innsbruck, Østrig. Også i år bliver der en nordisk taler ved seminaret, idet Søren Holm fra ORIGOs redaktion skal medvirke med en række forelæninger.

Millstatt-seminarerne holdes på engelsk. Seminarets hovedtema i år bliver: „Medicine and Values - The Loss of Care in Modern Society“. Nærmere oplysninger om seminaret kan findes på hjemmesiden for organisationen: <http://www.millstatt.org>.