

Den tunga vetenskapen

Aspekter av blivande NA-lärares föreställningar om naturvetenskap

BO DAHLIN

Institutionen för utbildningsvetenskap, Karlstads universitet

Sammanfattning: Förståelse för naturvetenskapens karaktär har länge varit en viktig del av NA-undervisningens strävan efter »science literacy». Denna artikel bygger på en undersökning i vilken blivande NA-lärare konfronterades med J.W. Goethes färglära. Genom att låta de studerande i mindre grupper diskutera frågan huruvida Goethes färglära kan anses vara en vetenskaplig teori, framkom deltagarnas mer eller mindre explicita föreställningar om vad naturvetenskap egentligen är. Ett framträdande drag i dessa föreställningar tycktes vara synen på naturvetenskap som »tung och avskalad», det vill säga som opersonlig, svårtillgänglig och baserad på tekniska mätinstrument och matematiska kalkyler. I jämförelse med detta uppfattades Goethes färglära som alltför »substanslös och subjektiv» för att kunna betraktas som vetenskaplig. Dessa föreställningar analyseras med hjälp av Charles S. Peirce triadiska förhållande mellan interpretant, tecken och referent. Artikeln avslutas med argument för att Goethes hermeneutiskt-fenomenologiska sätt att studera naturen bör introduceras i NA-undervisningen, dels som ett sätt att skapa kontrast mot den konventionella naturvetenskapen och därigenom öka möjligheterna att förstå denna; dels som motvikt mot den alienerande uppfattningen av vetenskapen som »tung och avskalad».

År 1887 utkom Nietzsches andra utgåva av *Das fröhliche Wissenschaft*, med ett appendix benämnt »Lieder des Prinzen Vogelfrei», sånger av Prins Fågelfri (Nietzsche 1974). Huvudtiteln, *Den glada vetenskapen*, var också översatt till spanska: »la gaya ciencia». Det spanska uttrycket går tillbaka till medeltidens trubadurer och deras verksamhet (Kaufmann 1974). Nietzsches intention var uppenbarligen att »lätta upp» den akademiskt gravallvarliga, positivistiska och reduktionistiska syn på vetenskap som präglade hans samtid. Han ville göra vetenskapen mer poetisk, lekfull och konstnärlig. Eftersom verkligheten i sig är mångtydig kan vår kunskap omöjligen reduceras till en enda uppsättning av entydiga, fullt genomskådliga begrepp. Låt oss inte blunda för mångtydigheten, låt oss istället erkänna den och låta den komma till uttryck i

en mer poetisk kunskapsbildning. Ungefär så kan man väl sammanfatta ett av Nietzsches övergripande budskap.

Detta budskap fick inget genomslag under Nietzsches samtid. Det skulle dröja ungefär 100 år, fram till våra »postmoderna tider», innan det började diskuteras på allvar inom vissa akademiska kretsar, främst inom samhällsvetenskap och humaniora. I USA har detta lett till stundtals häftiga konflikter mellan företrädare för humaniora och samhällsvetenskap å ena sidan, och för naturvetenskap å den andra, man talar om ett »Science War». Konflikten gäller synen på kunskap som antingen relativ och kulturbunden eller objektiv och universell (jfr den så kallade Sokal-affären¹). Dessa diskussioner har dock knappast haft några reella effekter på huvudfåran av naturvetenskaplig forskning. Merparten av dagens naturvetenskap är väl snarare »tyngre» och allvarligare än någonsin.

Sambandet mellan stora ekonomiska resurser och vetenskaplig kunskapsbildning är uppenbart i det som idag kallas »Big Science», eller, som Sjøberg (2000) benämner det, »postakademisk teknovetenskap». Gränsen mellan teknologi och vetenskap håller på att försvinna och »stat, industri, militärväsen, forskningsinstitut och universitet styr och organiserar forskningen på nya sätt» (Sjøberg 2000 s 268). Teknovetenskapen är »tung» både ekonomiskt, tekniskt och socialt: NASA:s rymdforskningsprogram har tidvis anställt ungefär en halv miljon människor och bara två av delprojekten kostade ca 200 miljarder kronor (Sjøberg 2000 s 248). CERN:s kärnpartikelacceleratorer i Schweiz och den pågående kartläggningen av människans alla gener (HUGO) är två andra exempel. Visserligen var det väl inte det »tunga» i just dessa avseenden som Nietzsche vände sig emot i sin vetenskapskritik, men de bidrar oundvikligen till det vetenskapliga gravallvaret. Även om det således skett en viss uppluckring inom samhällsvetenskap och humaniora är naturvetenskapen fortfarande i allt väsentligt en mycket tung och allvarlig affär.

En av Nietzsches starkaste inspirationskällor var Johann W. Goethe (1749–1832), huvudsakligen känd som diktare och författare. Goethe arbetade emel-lertid även med naturstudier inom mineralogi, botanik, zoologi, meteorologi och optik (Goethe 1971, 1981). Goethes sätt att studera naturen har av nutida forskare och filosofer beskrivits som hermeneutiskt-fenomenologiskt (Bortoft 1996, Böhme & Schiemann 1997). Goethe var tämligen klar över att människan som medvetet reflekterande och tolkande subjekt inte kan skiljas från det objekt som undersöks. Han betonade också starkt den sinnliga erfarenheten som kunskapskälla och kritiserade den newtonska fysiken, som genom att skapa abstrakta matematiska modeller för en osynlig, »bakomliggande» verklighet fjärmade sig från den omedelbara, konkreta åskådningen (jfr Dahlin 2001). Hans studier av färgernas fenomen ledde honom till att formulera en färglära i vilken han polemiserade emot Newtons optik, särskilt emot dennes välkända prismaexperiment, i vilka det ännu idag anses bli bevisat att ofärgat ljus består av sju spektralfärger.

Goethes färglära är en god kandidat till den »glada» vetenskap som Nietzsche efterlyste. Den är i varje fall mer »poetisk» än Newtons. Enligt Goethe uppstår färgerna i kampen mellan ljus och mörker, färgerna är ljusets »dåd och lidanden» i denna kamp. Tyvärr tillåter inte ramarna för denna artikel en

mer utförlig redogörelse för hur Goethe kom fram till sina slutsatser. Att det inte var frågan om blott metafysiska spekulationer framgår dock klart av till exempel Pehr Sällströms grundliga presentation (Sällström 1979).

»SCIENCE LITERACY» – ETT VIKTIGT MÅL FÖR NA-UNDERVISNINGEN

I den internationella forskningen och diskussionen kring »science education» har »science literacy» länge ansetts vara ett viktigt mål för NA-undervisningen på alla utbildningsnivåer (Matthews 2000, Miller 1983). I strävan att förverkliga detta mål blir inte bara elevernas utan även lärarnas förståelse av naturvetenskapens karaktär och arbetsmetoder högst relevanta. Sedan 1960-talet har också många undersökningar av elevers samt blivande och verk-samma lärares förståelse av naturvetenskap genomförts (Alters 1997; Brick-house 1990; Désautels & Larochelle 1998; Kimball 1967/68; Koulaidis & Ogborn 1989; McComas 2000; Roth & Roychoudhury 1994; Ryder, Leach & Driver 1999). Grundtanken bakom denna forskning är naturligtvis att lärarnas förståelse av naturvetenskapens karaktär på olika sätt inverkar på deras undervisning och därigenom får konsekvenser för vilken förståelse deras elever i sin tur utvecklar.

Med tanke på den enorma betydelse som naturvetenskaplig och teknisk forskning har för dagens samhälls- och kulturutveckling torde »science lite-racy» vara ett väsentligt mål för all NA-utbildning. Frågan omfattar också viktiga sociala och politiska dimensioner, vilket framför allt uppmärksam-mats inom feministisk vetenskapsfilosofi (Harding 1991). Vad som socialt och kulturellt kan legitimera sig som vetenskap har naturligtvis att göra med hur vi förstår vad vetenskap egentligen är. Den verksamhet som inte kan legitimera sig som vetenskaplig har inga möjligheter att ta del av de ekonomiska resurser som avsätts till forskning. Därmed har den inte heller särskilt stora möjlig-heter att utöva inflytande på den sociala och kulturella utvecklingen.

GOETHE'S FÄRGLÄRA – EN UTMANING FÖR SÄTTET ATT FÖRSTÅ NATURVETENSKAP

I det följande redovisar och diskuterar jag några resultat från en nyligen avslutad undersökning av blivande NA-lärares föreställningar om naturveten-skap. Artikeln baserar sig på ett projekt finansierat av (f d) HSFR, vilket redovisas i sin helhet i Dahlin (2002; se recension s 139 nedan i denna tidskrift). I undersökningen presenterades ett antal NA-lärostudier med en »alternativ» vetenskap, nämligen just Goethes färglära. En del av de prismaskillnaderna mellan Goethe och Newtons optik behandlades. Experi-menten innebar bland annat att titta genom ett prisma på papper med olika former av svarta och vita fält. Skillnaderna mellan Goethe och Newton sam-manfattades som i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Några principiella skillnader mellan Newtons och Goethes optik.

<i>Newtons optik</i>	<i>Goethes optik</i>
1. Det vita ljuset består av alla färger i spektrum.	1. Det vita ljuset är homogent och består inte av några färger alls.
2. Spektralfärgerna uppstår därför att ljuset bryts genom t ex ett prisma.	2. Spektralfärgerna uppstår i interaktionen mellan ljus och mörker.
3. En teori är en abstrakt representation av det som ligger »bakom» fenomenen.	3. Det finns ingenting »bakom» fenomenen. Fakta blir sin egen teori när de relateras till varandra i en begriplig helhetsstruktur.
4. Forskarens medvetande är passiv åskådare till iakttagna fenomen.	4. Forskarens medvetande är aktiv deltagare i fenomenen.

I uppföljande grupsamtal ställdes sedan frågan, huruvida Goethes färglära kan betraktas som vetenskaplig. Avsikten var att på detta vis locka fram de studerandes mer eller mindre genomtänkta föreställningar om och kriterier för naturvetenskap. Syftet var inte i första hand att förändra deltagarnas förståelse av vetenskap, utan att via konfrontationen med ett alternativt paradigm (det hermeneutiskt-fenomenologiska) få dem att ta ställning till vad som egentligen kännetecknar eller bör känneteckna naturvetenskaplig forskning och teoribildning.

Grupperna bestod av mellan tre och sex deltagare. Samtalen spelades in på band och på video och analyserades kvalitativt både till form och till innehåll. Av utrymmesskäl kommer jag här dock att fokusera på en begränsad del av innehållsanalysen. De teman i grupsamtalen som presenteras har en starkt metaforisk karaktär. De bygger snarare på känslor och bildspråk, än på rationella begrepp. De är särskilt intressanta i relation till den inledande diskussionen om den »tunga» vetenskapen.

Sammanfattning av deltagarnas argument för och emot att se Goethes färglära som vetenskap

I grupsamtalen förekom tre typer av resonemang vilka utgjorde de huvudsakliga skälen till att Goethes teori inte accepterades som vetenskap:

- att den inte förklarar genom att »gå bakom» fenomenen eller »matematisera» dem;
- att den bygger på rent subjektiva sinneserfarenheter; samt
- att den saknar »tyngd».

Dessa tre argument hänger samman med varandra och kan konstrueras som en komplex helhet. De bygger huvudsakligen på kriterier för vetenskapen som produkt, det vill säga föreställningar om vad som bör känneteckna den »färdiga» vetenskapen. Goethes färglära ansågs inte ge tillfredsställande orsaksförklaringar därför att den stannar vid det som kan observeras, och just fasthållandet av det blott observerbara gör den mer subjektiv än objektiv. Goethes färglära upplevdes sakna »tyngd» eftersom den består av subjektiva observationer som inte matematiseras och inte relateras till abstrakta modeller för vad som ligger »bakom» fenomenen.²

I gruppsamtalen framkom även argument för att acceptera Goethes teori som vetenskap. De vilade oftast på det systematiska sätt på vilket Goethe gick tillväga i sina experiment. Man hade dock svårt att avgöra huruvida experimenten i sig var vetenskapliga eller inte. Ingen av deltagarna tillämpade till exempel begreppen oberoende och beroende variabel på frågan om Goethes observationer var experiment i vetenskaplig mening.³ Kanske är det så att om man lägger tonvikten på vetenskapen som systematisk undersökning, dvs som process är man mer benägen att acceptera Goethes färglära som vetenskap, än om man fokuserar vetenskapen som orsaksförklarande, det vill säga som produkt. I vetenskapen som process ingår emellertid empiriska observationer och i den mån sinneserfarenheten betraktas som subjektiv och otillförlitlig tenderar man att förneka Goethes färglära som vetenskap även med denna utgångspunkt.

Tendensen att bedöma Goethes teori som ovetenskaplig dominerade i de flesta grupperna. Det betydde dock inte nödvändigtvis att Newtons teori uppfattades som mera sann än Goethes. Det är bara den teori man »kör med i skolan», som en av deltagarna uttryckte det. Både sanning och bevis uppfattades ofta som mycket relativa begrepp. Inte desto mindre fanns en stark tendens att förringa den omedelbara sinneserfarenhetens betydelse, jämfört med den konventionella naturvetenskapens abstrakta matematiska modeller för det som ligger »bakom» fenomenen.

Två metaforiska uttryck för vetenskapens karaktär framträdde som särskilt intressanta inslag i deltagarnas resonemang: vetenskapen sågs som »tung» och »avskalad». Dessa uttryck beskrivs närmare i följande avsnitt.

Vetenskapen är »tung»

Goethes teorier och experiment kunde bland annat upplevas som »tunna» i jämförelse med Newtons. Liknande uttryck framkom i flera grupper. I en grupp önskade man till exempel »mer substans» i Goethes teori:

hS10: Det stannar vid vad det är man upplever.

hS8: Ja.

F [till hS8]: Så att... hur menar du?

hS8: Jo så att då egentligen så är det ju... det behövs ju mer teori för att få det till en vetenskap.

[tystnad 5 sek]

F: Vad är en teori då?

hS8: Men mer... eh...

hS10:... substans!

[skratt]

hS8: Jaa precis, det känns som att...ja, jag ser, jag förstår, eller förstår, jag ser att färgerna bildas men...varför å ... mer...

[tystnad 6 sek] (Grupp 5; hS8 och hS10 är båda kvinnliga studerande, F är intervjuaren/författaren)

Samtalet i denna grupp gick tämligen trögt (se de långa pauserna) och intervjuaren var ibland tvungen att ingripa med frågor. hS8 menar att Goethes teori stannar vid vad man upplever och att den saknar teori. Frågan om vad teori egentligen är leder till att hS10 fyller i hS8:s efterlysning av »mer...» med »substans», vilket hS8 tydligen finner vara en välfunnen metafor för den upplevda bristen på förklaringsmodeller. Bildligt talat hänger substans uppenbarligen samman med massa och tyngd. Att riktig vetenskap upplevs som »tung» framkom tydligast i följande sekvens:

pS1: Det känns inte som om *jag* har gjort nåt direkt vetenskapligt när jag har suttit och tittat på dom här papprena då, men »varför» det kan jag inte säga. Men jag känner mig inte riktigt sådär vetenskaplig, det gör jag inte. [kursiverade ord betonas av den talande]

F: Det vore ju intressant om du kunde det, säga varför ...

pS1: Men det är just det jag inte kan ...

F: Nej...

pS1: Det är väl kanske det att det känns lite för simpelt för att tycka att det är vetenskapligt, för vetenskapligt, det är ju inte direkt krävande att sitta å titta å så ... vet inte [ohörbart]

F: Nej ... det verkar inte så märkvärdigt?

pS3: Man kanske förknippar vetenskap med mycket experiment, mycket räkneuppgifter...

pS2: Mm, det tror jag.

pS3: Det är nog därför det känns... mer som en teori kanske...

pS1: För vetenskap, det *känns så tungt* på nåt sätt...

pS [oidentifierbar]: Mm, ja.

F: Mm. Ni håller med om det?

pS [oidentifierbar]: Mm. (Grupp 1; pS1, pS2 och pS3 är alla kvinnliga studerande)

Sekvensen inleds med att pS1 uttrycker sin bristande känsla av vetenskaplighet inför prismaexperimenten. Dessa förringas genom att beskrivas i termer av att titta på några papper. Intervjuaren försöker få henne att hitta anledningen till denna känsla och hon antar då att experimenten känns för »simpla». pS3 kompletterar med att vetenskap förknippas med »mycket» experiment och »mycket» matematik (»räkneuppgifter»), pS2 instämmer. Bristen på dessa saker får pS3 att tycka att Goethes färglära »känns mer som en teori». »Teori» betyder här sannolikt antaganden eller hypoteser som inte är särskilt väl underbyggda. Därefter säger pS1 med emfas att vetenskap på något sätt »känns så tungt», och de andra håller med. Diskussionen fortsatte

sedan med hur Newtons teori bygger både på observationer och matematiska beräkningar.

Senare i detta samtal erkände pS1 att det var »lite krasst» att säga att det bara handlade om att titta på några papper. Hon menade dock att det handlade om en känsla av att vetenskap ligger högt över »vår nivå», att det inte kan handla om något som »till och med barn kan förstå». Detta var ännu ett sätt att förringa Goethes teori på, vilket intervjuaren också påpekade. pS1 höll likväl fast vid sin åsikt och en annan deltagare kompletterade med en uppfattning som framkom i flera gruppsamtal, nämligen att Goethes teori var mycket lättare att förstå. Den underliggande premissen för dessa resonemang tycks vara att vetenskap är, eller ska vara, svårt. Det svåra är som bekant också »tungt».

Talet om att vetenskapen kräver »mycket» experiment kan jämföras med följande sekvens, där hS2 framhåller den mängd av bevis som behövs för att omkullkasta en redan etablerad teori:

hS10: Det var inte det han [Goethe] ville undersöka.

hS8: Nej... nej för honom räckte det att bara...

hS10: ... uppleva...

hS8: Ja precis.

hS2: Det är nog rätt tufft också att komma med en teori som strävar emot en annan teori va', för då måste det ju vara... bevisat.

hS8: Det behövs så mycket ja, för att... [understrukna ord uttalas samtidigt]

hS2: Ja... för att omkullkasta en tidigare teori, då behövs det ju väldigt mycket bevis.

hS8: Javisst.

hS2: Och det var kanske det han inte fick fram riktigt då... å en sån guru inom det här som Newton, att komma med en teori som säger att han har fel, det ska allt mycket till för att...

hS8: Jaa precis...då måste ju ens egen teori vara helt... (Grupp 5; hS2 är manlig studerande)

Sekvensen inleds med att hS10 säger att Goethe egentligen inte ville förklara fenomenen (i bemärkelsen skapa abstrakta modeller för det som ligger »bakom» dem). I deltagarnas ögon stannade Goethe vid att »bara uppleva». Här och på andra ställen i samtalen förbisåg man således Goethes strukturering av fenomenen. hS2 framhåller sedan det »tuffa» i att komma med en ny teori som motsäger en redan etablerad, att det kräver »väldigt mycket bevis», särskilt om det går emot en »guru» på området som Newton. (Det kan vara intressant att notera att sanskrittermen »guru» har en bibetydelse av just »tung».) Det tunga i vetenskapen har också med dess socialt etablerade auktoritet att göra. Senare i samtalet menade hS10 (utan invändningar från de övriga) att Newton var först med att skapa en teori om ljuset och färgerna, vilket förmodades ge en viss auktoritet åt hans teori. Ett exempel på den historielöshet som inte sällan präglar kunskaperna i naturvetenskapliga ämnen.

Vetenskapen är »avskalad»

Ett annat tema i samtalen kallar jag vetenskapen som »avskalad». Det utgör, bildligt talat, motsatsen till det föregående. Här framhålls istället något av vetenskapens »lätta», substanslösa och abstrakta karaktär. Det som »skalas av» i vetenskapen är allt som har att göra med känslor, allt subjektivt och personligt. hS10 i den ovan citerade Grupp 5 var den som gav det tydligaste uttrycket för denna bild av vetenskapen. Det skedde i samband med diskussionen om vetenskapligheten i Goethes prismaexperiment:

hS10: Men jag tycker ju vetenskapliga experiment dom är så avskalade... ja, dom traditionella eller det man menar med vetenskap... från sinnliga upplevelser, det ska vara konkret eller ja... dom baserar sig inte i grunden på sinnena ju.

hS8: Nej.

[tystnad 5 sek]

F: Vad säger du nu alltså, att riktiga vetenskapliga experiment baserar sig inte på sinnena?

hS10: Dom försöker, ja dom försöker i varje fall se det mer objektivt fast dom kanske tar in... jag vet inte dom måste väl ändå ta in det på något sätt i sin hjärna men... dom får försöka förhålla sig mer objektivt än subjektivt.

F: Mm.

hS2: Önskvärt är väl att de kan bevisa via då tester eller instrument...

hS10: Mm. (Grupp 5)

hS10 uttrycker här sin skepsis på ett nytt sätt: vetenskapliga experiment är av tradition »avskalade» i bemärkelsen att de egentligen inte bygger på sinneserfarenhet och att man som forskare måste bortse från dessa. Detta leder hS2 till att fylla på med kommentaren att testvärden från mätinstrument är bättre bevismaterial än omedelbara sinneserfarenheter och hS10 instämmer.

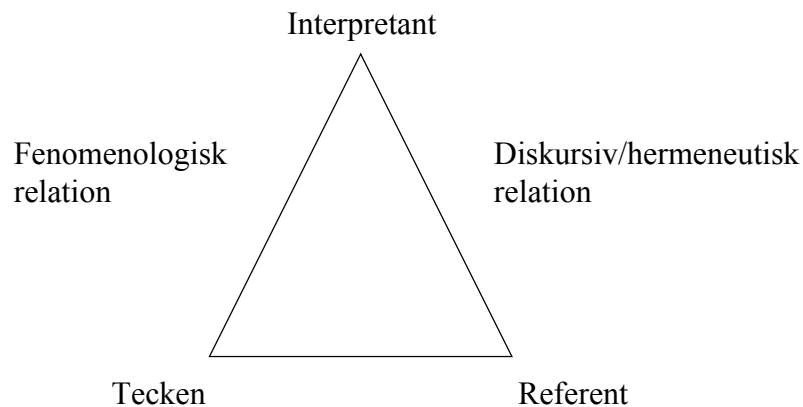
De två teman som framkom i ovanstående samtalssekvenser, det »tunga» och det »avskalade», kan ses som motsatta sidor av samma mynt. Det är »avskalningen» som leder till de mer eller mindre komplicerade tekniska mätinstrumenten och matematiska modellerna, det vill säga det som i sin tur ger vetenskapen dess tyngd. Det verkar som om dessa bilder spelar en viktig men ofreflekterad och delvis undermedveten roll i deltagarnas ställningstagande till frågan om det vetenskapliga i Goethes teori. Denna möjlighet analyseras närmare i nästa avsnitt.

VARFÖR ÄR DET SVÅRT ATT SE GOETHES FÄRGLÄRA SOM VETENSKAP?

Huvudsyftet med undersökningen var inte att åstadkomma eller observera förändringar i deltagarnas förståelse av naturvetenskapens karaktär. Det kunde dock konstateras att introduktionen av Goethes färglära och de påföljande gruppamtalen tycktes ha en mycket ringa effekt på deltagarnas uppfattningar av naturvetenskap. Detta kan i och för sig förklaras med den »tröghet»

som kännetecknar kognitiv förändring i allmänhet. Uppfattningar förändras sällan utan kontinuerlig påverkan under lång tid.

En i didaktiska sammanhang intressant och mer differentierad förklaring till utebliven förståelse av undervisningsinnehåll presenteras av Roth och Bowen (1999) och tycks mig vara fruktbar att använda även här. Roth och Bowen utgår från Charles S. Peirces triadiska relation mellan *referent*, *tecken*, och *interpretant*. Referenten är det fenomen som studeras; tecknet är de texter och symboler som används för att beskriva fenomenet (dessa kan vara icke-verbala, t ex grafer av olika slag). Interpretanten är den betydelse eller mening som (i första hand) det erfalande eller tolkande subjektet tillskriver tecknet och fenomenet genom att konstituera relationen mellan dem. Interpretanten ses dock inte som ett fritt svävande cartesianskt »cogito», utan som situerad och kontextuellt bestämd. Vidare är distinktionen mellan tecken och referent också situationsbunden och relativ: vad som i ett sammanhang är referent kan i ett annat fungera som tecken. Med Peirces begrepp skapas en dynamisk och pragmatisk analys av språkliga tecken och deras innebörder.⁴



Figur 1. Peirces triad mellan referent, tecken och interpretant

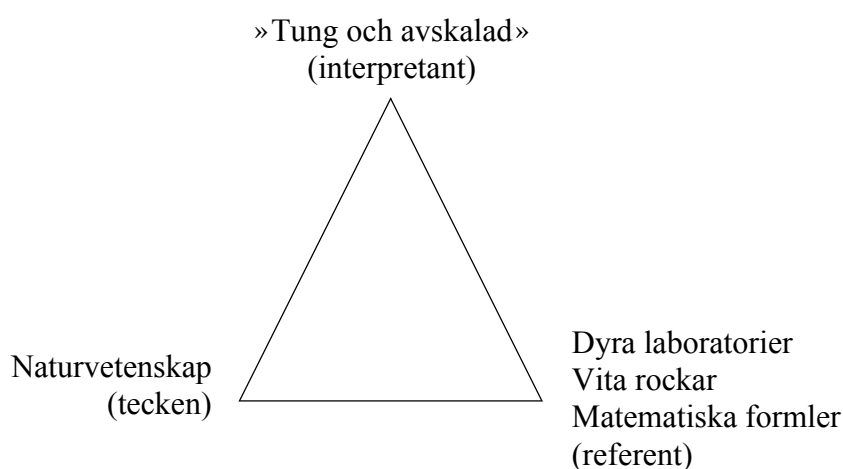
Roth och Bowen menar nu att relationen informant-referent kan förstås fenomenologiskt, medan relationen interpretant-tecken kan förstås diskursivt och hermeneutiskt (Figur 1). Med denna teoretiska utgångspunkt undersökte de lektors användning av grafisk representation i föreläsningar om ekologi för biologi-studerande. Resultaten tydde på att när grafer används i NA-undervisningen brister ofta både den fenomenologiska och den diskursiva kontextualiseringen. Den fenomenologiska kontexten utgörs bland annat av en slags förtrogenhetskunskap, det vill säga en omedelbar, sinnesbaserad erfarenhet av fenomenen. Den diskursiva kontexten utgörs av forskningens teoretiska texter samt dessa texters produktion och reception i ett »pågående

samtal» mellan forskare. När aktiva forskare tolkar grafer pendlar de mellan dessa båda kontexter. Graferna blev emellertid nästan obegripliga för flertalet studerande, därför att de saknade tillgång till de båda kontexterna. För de studerande i Roth och Bowens undersökning förblev graferna abstrakta och kontextlösa både i diskursiv och i fenomenologisk mening.

Låt oss nu med hjälp av Peirces triad försöka fånga några aspekter av de föreställningar om naturvetenskap som uttrycktes av deltagarna i de ovan beskrivna gruppsamtalen (se Figur 2 nedan). I en första triad låter vi »naturvetenskap» vara tecknet och interpretanten vara föreställningen »tung och avskalad». Referenten i denna triad blir en sammansättning av följande element:

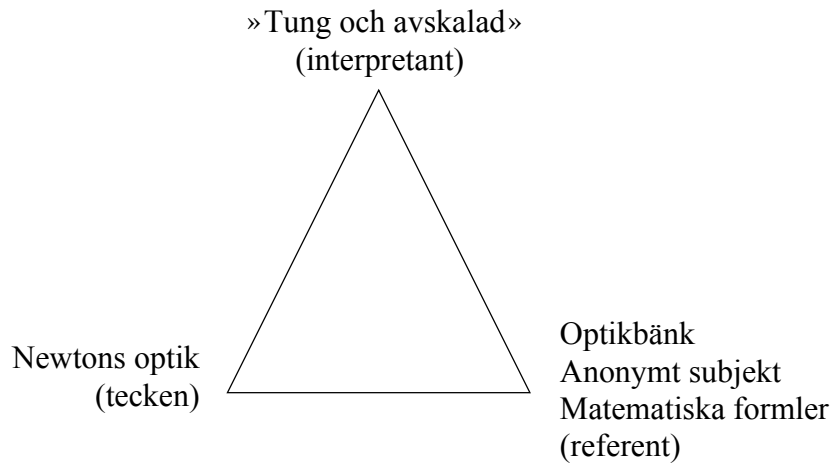
- stora, kostnadskrävande laboratorier med komplicerad mätapparatur;
- matematiska formler och beräkningar, eventuellt utförda i avancerade dataprogram;
- människor i vita rockar, kanske med skydd för ansikte och händer.

Den sistnämnda komponenten i denna referent kan i sin tur uppfattas som tecken för det opersonliga, det känslolokalla och sterila.⁵



Figur 2. En vanlig uppfattning av naturvetenskap beskriven med Peirces triad.

I nästa triad låter vi istället »Newtons optik» vara tecken (Figur 3). Referenten för detta tecken sammanfaller åtminstone delvis med referenten i den föregående triaden. Här finns matematiska formler för våglängder och deras brytning. Laboratoriet och mätapparaturen behöver visserligen inte vara särskilt avancerade, men det krävs ändå en del tekniska attiraljer för att få ett spektrum att framträda på en skärm och för att kunna mäta de olika färgernas brytningsvinklar, t ex en optikbänk.



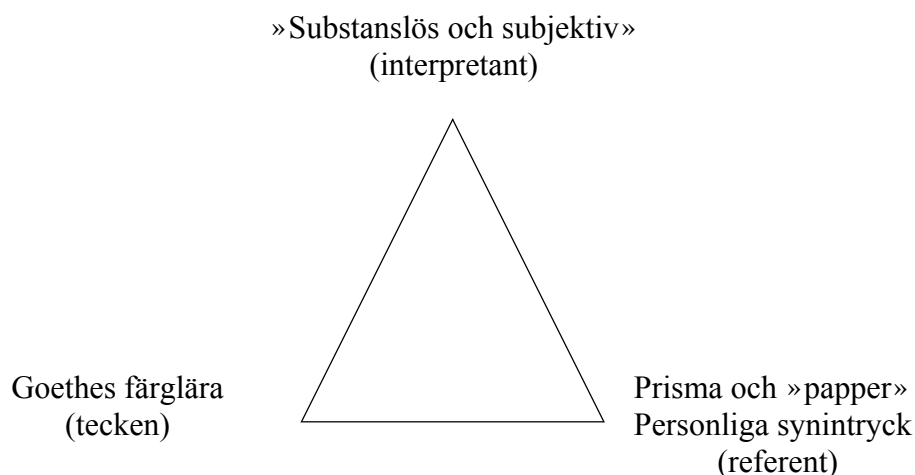
Figur 3. Uppfattningen av Newtons optik som naturvetenskap.

Några vita rockar behövs visserligen inte heller, men i jämförelse med Goethe, som själv tittade genom prisma, har experimentet ändå en opersonlig karaktär: vem som helst kan se det spektrum som framträder på skärmen. Dessa faktorer sammantagna gör det både rimligt och möjligt att interpretanten i denna triad blir densamma som den i Figur 2, där tecknet var »naturvetenskap». Det vill säga, Newtons optik betraktas utan större svårigheter som en vetenskaplig teori.

Låt till sist tecknet i triaden vara »Goethes färglära» (Figur 4 nedan). Det är svårt att få referenten för detta tecken att ens delvis sammanfalla med referenten i den första triaden. Det finns inga matematiska formler. Laborationen går att genomföra nästan var som helst, bara man har ett prisma, som man själv tittar igenom. Visserligen är det bra att också ha tillgång till papper med svarta och vita fält, men, som en av deltagarna uttryckte det: »Det känns inte som om jag har gjort nåt direkt vetenskapligt när jag har suttit och tittat på dom här papprena då... ». Referenten för tecknet »Goethes färglära» kan alltså bestå av följande element:

- titta genom ett prisma på några papper;
- beskrivning av synintryck (inga matematiska formler);
- den personliga upplevelsen av vad man ser.

Dessa element avviker alltför mycket från referenterna i de båda föregående triaderna för att det ska vara möjligt att tolka tecknet »Goethes färglära» som ett uttryck för naturvetenskap. Den relativa frånvaron av kännetecknen på referenten för tecknet »naturvetenskap» gör, att interpretanten blir något motsatt till »tung och avskalad», t ex »substanslös och subjektiv».



Figur 4. Uppfattningen av Goetes färglära som »substanslös och subjektiv».

Med tanke på att triaden i Figur 2 sannolikt har en ganska omfattande utbredning i vår kultur är det inte konstigt att deltagarna hade svårt att acceptera Goethes färglära som vetenskap. Triaden i Figur 2 kan kanske med Peirces – och även Deweys – terminologi sägas utgöra en kognitiv vana (jfr Prawat 2000).⁶ Sådana vanor kan betraktas som grundsedimentet i en kultur. För att bryta upp kognitiva vanor krävs vad Dewey kallar en »impuls»; något som uppstår när uppmärksamheten intensifieras och riktas mot ett konkret fenomen, något partikulärt eller unikt. Då vaknar ett aktivt intresse. I en av grupperna hände faktiskt något av denna karaktär. Denna grupp var den enda som i sin diskussion självmant åter började titta genom prisma och diskutera vad de såg. Deras samtal blev därigenom mera »impulsivt». I den gruppen upplevde man inte heller några svårigheter att acceptera Goethes färglära som vetenskap.

En didaktisk slutsats av detta är, att undervisningen måste se till att skapa omfattande, rika och nyanserade både fenomenologiska och diskursiva eller hermeneutiska kontexter för fenomenet »naturvetenskap», om man vill utveckla en djupare och mer adekvat »science literacy» än den som framkom i denna undersökning. Den sinnesbaserade, förtrogenhetskapande kontexten är inte helt lätt att upprätta och upprätthålla i undervisningssammanhang, särskilt inte på lägre utbildningsnivåer, eftersom den till stor del är beroende av möjligheterna till laborationer och experiment. Med ett strikt fenomenologiskt perspektiv på naturfenomenen krävs dock inte så stora resurser eller komplicerade arrangemang för laborationer. Detta visar också på vikten av en väldifferentierad förståelse för laborationernas roll i NA-undervisningen, särskilt betydelsen av att dessa inte får en alienerande karaktär och därigenom egentligen motverkar sitt syfte (jfr Beach 1999).

ATT SKAPA VARIATION I UNDERVISNINGEN OM NATURVETENSKAP

Bowden och Marton (1998) menar att en viktig fråga för pedagogiken är hur man ska kunna utbilda för en okänd framtid. Deras svar är att erfarenheten av variation är ett väsentligt element i allt lärande. Denna utgör grunden för förmågan att urskilja väsentliga aspekter av ett problem, vilket i sin tur är en förutsättning för att kunna hantera oförutsedda problemsituationer på ett kreativt sätt. Genom att introducera Goethes färglära i NA-undervisningen skulle man skapa variation på två områden: vad som uppfattas känneteckna vetenskap och hur man kan förklara de optiska färgernas fenomen.

Detta kan anknytas till Apples diskussion om den »ideology of consensus» som dominerar åtminstone läromedlen och läroplanstänkandet i naturvetenskapliga ämnen (om inte också själva undervisningen). Kontroverser och konflikter mellan olika teorier som finns både i vetenskapens historia och vår samtid undviker man oftast att behandla:

[S]cientific argumentation and counter-argumentation are a major part of the scientific enterprise and [...] the theories and modes of procedure (»structures of discipline,» if you will) act as norms or psychological commitments that lead to intense controversy between groups of scientists. This controversy is central to progress in science, and it is this continuing conflict that is hidden from students. (Apple 1990 s 90)

Att i undervisningen behandla vetenskapliga konflikter och kontroverser tycks mig vara ett utmärkt sätt att skapa just den typ av variation som Bowden och Marton efterlyser. Kontroverserna handlar ju om olika sätt att tolka och förstå samma fenomen. Man får här dock skilja på två olika konfliktnivåer: de som rör sig inom samma grundläggande paradig, och de som utspelar sig på paradignivå. Konflikten mellan Newton och Goethe är i grunden en konflikt mellan olika paradig för naturvetenskap; den pekar på en variation av uppfattningar av naturvetenskapens karaktär. Samtidigt pekar den på möjligheten att uppfatta färgernas natur på olika sätt. Både typerna av kontroverser och konflikter – inomparadigmatiska och mellanparadigmatiska – bör lyftas fram i NA-undervisningen.

Genom att NA-undervisningen (oftast) underlåter att visa på konflikter får den naturvetenskapliga kunskapen ett sken av objektivitet och ofrånkomlighet. Att som skolelev ha invändningar emot den blir liktydigt med att bryta mot en sanning som är allmänt accepterad av forskare och experter. Å andra sidan blir den vuxna allmänheten alltmer medveten om att kontroverser och konflikter inte hör till ovanligheterna i forskarvärlden (jfr Beck 1998). Om man i denna situation inte öppet behandlar de kontextuella, ideologiska och kulturella aspekterna på forskning, som lyfts fram inom vetenskapssociologin, kanske det på sikt undergräver förtroendet inte bara för naturvetenskap utan även för skolans NA-undervisning (jfr Knain 2001, Ott 2001).

Deltagarna i denna studie visade sig ha mycket vaga föreställningar om sociala och kulturella inflytanden på naturvetenskaplig forskning. Andra

undersökningar har funnit liknande brister bland NA-studerande i högre utbildning, t ex Ryder, Leach och Driver (1999). Ryder m fl föreslår att detta har sin grund i att NA-undervisningen – även i den högre utbildningens grundkurser – lägger betoningen på »ready made science», i motsats till »science in the making». Detta tycks vara ett generellt mönster som stämmer med den ovannämnda konsensusideologin: »science in the making» präglas naturligtvis i mycket högre grad av kontroverser och konflikter, vilka utspelar sig på sociala arenor både inom och utanför vetenskapssamhället. »Ready made science» består däremot nästan uteslutande av kunskaper om vilkas giltighet det råder en hög grad av konsensus.

Ryder m fl (1999) fann också en stark tilltro till den roll som empiriska fakta spelar för verifikationen av vetenskapliga teorier. De menar att detta pekar på behovet av att utveckla de studerandes uppfattningar av förhållandet mellan data och kunskapsanspråk. Utifrån ett fenomenologiskt perspektiv handlar det om att komma till insikt om hur medvetandets intentionalitet, genom sin »organiserande idé» (Brady 1998), konstituerar vad som räknas som fakta eller »bevis».⁷

Exemplet med kontroversen mellan Goethe och Newton illustrerar dels hur sociala influenser påverkar vetenskapens utveckling; dels hur samma data kan tolkas på olika sätt beroende på den intentionalitet genom vilken det forskande subjektet konstituerar deras innebörd (jfr ovan om de fenomenologiska och diskursiva relationerna i Peirces triad). För att få insikt i naturvetenskapens karaktär krävs det således att man konfronteras med en variation i de principer som kan läggas till grund för sättet att forska om naturen, och exempel på hur detta i sin tur leder till en variation av tolkningar av naturfenomenen. Genom att ta upp Goethe och det fenomenologiska synsättet kan en sådan variation bli synlig. Därigenom kan grundprinciperna också bli föremål för reflektion. Det »självklara» i vetenskapens sätt att studera naturen försvinner och framstår istället som ett val, något som ledande personligheter i den västerländska kulturhistorien en gång bestämde sig för, på mer eller mindre goda grunder.

Tanken att den bästa vägen till reflekterad förståelse av något är att konfronteras med en variation av uppfattningar tycks även ligga bakom den tyske filosofen Gernot Böhmes påstående, att en jämförelse mellan Newtons och Goethes optik är bästa sättet att överhuvudtaget begripa fysik som vetenskap. Böhme skriver:

Bekannt ist Goethes Farbenlehre aber nicht: der durchschnittliche Physiker etwa und der deutsche Abiturient weiß, daß es sie gibt, nicht aber worin sie besteht. Wenn ich die Forderung aufstelle – was ich hiermit auch in allem Ernst tun möchte, daß jeder Physiker Goethes Farbenlehre studiert haben sollte, daß jeder Gymnasiast neben der Newtonschen auch die Goethesche Farbenlehre kennen lernen sollte, dann muß dies auf Unverständnis stoßen. *Meine Begründung, daß es wohl kaum einen besseren Weg geben kann, zu begreifen, was Physik ist, als diese Konfrontation Newtons mit Goethe,* wird auf die Frage treffen, ob denn Goethes Farbenlehre überhaupt Wissenschaft sei,

nicht bloß eine Lehre subjektiver Erfahrungen, kultureller Bedeutungen, – bloß Literatur. (Böhme 1980 s 123; kursiv i original)

Böhme kommer vidare till slutsatsen att Goethes färglära faktiskt är en vetenskap, därför att den är en systematisk och empirisk undersökning av färgernas fenomen. Till samma slutsats kommer den norske filosofen Hjalmar Hegge (1972). Hegge menar att Goethes naturstudier förvisso vilar på helt andra epistemologiska och ontologiska grunder än den traditionella naturvetenskapen, men dessa är inte mindre rationella, de är bara annorlunda. Till syvende och sist är det egentligen endast den etablerade vetenskapens teknologiska framgångar som gör att den anses mera »riktig» eller sann. Men bedömningen av teknologiska framgångar baserar sig egentligen på utomvetenskapliga värderingar. Om de värden som dominerar vår kultur hade ett annat innehåll än teknologisk och ekonomisk »nytta», eller om våra tekniska och ekonomiska system byggde på andra principer, skulle vår uppfattning om vad som är »riktig vetenskap» sannolikt också se annorlunda ut.

AVSLUTNING

Man kan undra vilka följder det får för elevernas förståelse, om lärare i NA-ämnen ser på naturvetenskapen som, metaforiskt uttryckt, »tung och avskalad». Finns det inte en stor risk att denna inställning bidrar till att skapa alienation inför naturvetenskaplig forskning? Allt som har med entusiasm, upptäckarglädje och kreativitet att göra, allt personligt och subjektivt, måste »skalas av» om man vill ge sig in på vetenskapens domäner. Det som blir kvar är stort och opersonligt, tungt och svårt, ibland också riskfyllt. I kontrast till de avancerade tekniska apparater och mätinstrument som den konventionella naturvetenskapen – särskilt fysiken och kemin – använder i sin utforskning av naturen framhöll Goethe den enskilda människan med alla sina sinnen, sitt förnuft och sin intuition, liksom hennes öppenhet och lyhördhet för andra människors idéer och resonemang, som ett av alla tekniska hjälpmedel oöverträffat »instrument» för utforskning av världen:

Der Mensch an sich selbst, insofern er sich seiner gesunden Sinne bedient, ist der größte und genaueste physikalische Apparat, den es geben kann, und das ist eben das größte Unheil der neuern Physik, daß man die Experimente gleichsam vom Menschen abgesondert hat und bloß in dem, was künstliche Instrumente zeigen, die Natur erkennen, ja, was sie leisten kann, dadurch beschränken und beweisen will. (Goethe 1981 s 244)

När teknisk mätapparatur blir central för experimentens genomförande reduceras det forskande subjektet lätt till åskådare och registrator. Visserligen måste hon själv strukturera experimentet och ordna apparaterna, men i förhållande till de studerade fenomenen blir forskaren en »ren iakttagare». Det stärker illusionen av en neutral, förutsättningslös och fördomsfri naturvetenskap. Epistemologiska och ontologiska grundantaganden förblir osynliga, sedimenterade självklarheter, delvis inbyggda i den tekniska apparaturen. I motsats till detta bygger Goethes hermeneutiskt-fenomenologiska naturforsk-

ning på en återkommande reflektion över hur det forskande subjektet självt bidrar till att konstituera de fenomen som observeras (jfr Dahlin 1993). Med hermeneutiskt-fenomenologiska utgångspunkter är Goethes syn på den forskande människan i citatet ovan nära nog självklar. Blivande och verksamma NA-lärare skulle måhända vinna en del på att tillämpa detta perspektiv på sin undervisning, både dess innehåll och dess former.

NOTER

1. År 1994 skickade Alan Sokal, professor i teoretisk fysik vid New York University, en artikel till tidskriften *Social Text*, med rubriken »Transgressing the boundaries: Towards a transformative hermeneutics of quantum gravity». Fem redaktionsmedlemmar bedömde artikeln, som antogs för publicering 1996. Senare avslöjade Sokal att artikeln var ett hopkok av avsiktliga meningslösheter. Därmed ansåg han det bevisat att ett relativistiskt sanningsbegrepp har accepterats av akademiker och att detta får allvarliga konsekvenser för kvaliteten på artiklar i vetenskapliga tidskrifter (för mer information, se t ex <http://www.keele.ac.uk/depts/stt/stt/sokal.htm>).
2. Denna slutsats kan jämföras med följande kommentar av Hensel (1998 s 77):

One fundamentally misunderstands if he or she accords to Goethe the capacity for an empathetic description of phenomena, but finds him otherwise incapable of being truly scientific. To be sure, whoever equates science with causal analysis, which seeks to reduce the wealth of phenomena to the mathematical-mechanical realm, can hardly arrive at any other conclusion.
3. Om man »översätter» Goethes prismaexperiment till det empiriskt-analytiska vetenskapsparadigmet kan *ljus*, *mörker* och *prisma* betraktas som oberoende variabler och de optiska färgerna som beroende. Newton däremot räknade inte med mörker som en oberoende variabel.
4. Roth och Bowen förenklar egentligen Peirces okonventionella och komplexa syn på semiotiska processer. För en mer ingående beskrivning och tillämpning i pedagogiska sammanhang rekommenderas Whitson (1997), vars tankegångar även inspirerat min analys nedan. Två saker förtjänar att påpekas. För det första att termen »sign» i Peirces texter ofta står för hela den triad som beskrivits ovan, varvid det vi vanligen kallar tecken av Peirce benämns »representamen». För det andra behöver interpretanten inte alltid vara ett specifikt existerande, medvetet tolkande subjekt. Whitson uttrycker det bland annat så här:

In Peircean terms something becomes a representamen (r), in relation to an object (o), by virtue of the possibility that an interpretant (i) will be produced; that is, a singular *event*, or an *habitual or regular response*, that responds to the representamen as signifying an object (something other than itself) in some respect [...] *without the suggestion that it is a matter of subjective, conscious, or even voluntary attribution*. (Whitson 1997 s 100 f; mina kursiveringar)
5. Denna referent kan också i ett annat sammanhang fungera som tecken för »vetenskap». Distinktionen mellan tecken och referent är som sagt inte absolut, utan relativ och kontextuell. Det vore intressant att undersöka dessa tecken och referenter i en massmedial kontext. Vilken roll spelar olika mediars faktareportage och fiktiva framställningar för allmänhetens och särskilt den yngre generationens »science literacy»?

6. I sin jämförelse mellan Dewey och Vygotsky («psykologins Mozart») kommer Prawat (2000 s 684) in på Peirce som en av Deweys inspirationskällor. För Peirce var »[h]abit ... the most general and objective part of an idea».

7. Ihde (2000 s 133) berör detta när han beträffande fenomenologins tillämpning inom naturvetenskapen skriver:

En viktig fråga är ... hur betraktaren är och kan vara intentionalt relaterad till ett fenomen; detta kan i samtida vetenskapliga sammanhang utgöra ett oerhört komplext problem [sic!].

LITTERATUR

- Alters, B.J. 1997: Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 39–55.
- Apple, M.W. 1990: *Ideology and Curriculum*. New York: Routledge.
- Beach, D. 1999: Alienation and fetisch in science education. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 43(2), 157–172.
- Beck, U. 1998: *Risksambället. På väg mot en annan modernitet*. Göteborg: Daidalos.
- Bortoft, H. 1996: *The wholeness of nature. Goethe's way toward a science of conscious participation in nature*. New York: Lindisfarne.
- Bowden, J. & Marton, F. 1998: *The university of learning. Beyond quality and competence in higher education*. London: Kogan Page.
- Brady, R.H. 1998: The idea in nature: Rereading Goethe's organics. I D. Seamon & A. Zajonc (red): *Goethe's way of science. A phenomenology of nature*. New York: SUNY.
- Brickhouse, N.W. 1990: Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53–62.
- Böhme, G. 1980: *Alternativen der Wissenschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Böhme, G. & Schiemann, G. (red) 1997: *Phänomologie der Natur*. Frankfurt-am-Main: Suhrkamp.
- Dahlin, B. 1993: *Didaktik i döda poeters sällskap. Existensfilosofiska perspektiv på didaktik*. (Forskningsrapport 93:4) Karlstad: Högskolan i Karlstad, Gruppen för Skol- och Barnomsorgsforskning.
- Dahlin, B. 2001: The primacy of cognition – or of perception? A phenomenological critique of the theoretical bases of science education. I F. Bevilacqua, E. Giannetto & M. Matthews (red): *Science education and culture: The role of history and philosophy of science*. Dordrecht: Kluwer.
- Dahlin, B. 2002: *Den tunga vetenskapen. Lärarstuderandes uppfattningar av naturvetenskap med kontroversen mellan Goethes och Newtons optik som utgångspunkt*. Karlstad: Karlstad University Studies.
- Désautels, J. & Laroche, M. 1998: The epistemology of students: The ›thingified‹ nature of scientific knowledge. I B.J. Fraser & K.G. Tobin (red): *International handbook of science education*. Part One. Dordrecht: Kluwer.
- Goethe, J.W. 1971: *Goethes Farbenlehre. Ausgewählt und erläutert von Rupprecht Matthaei*. Ravensburg: Otto Maier Verlag.
- Goethe, J.W. 1981: *Schriften zur Naturwissenschaft*. Frankfurt: Insel.
- Harding, S. 1991: *Whose science? Whose knowledge? Thinking from women's lives*. Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Hegge, H. 1972: Theory of science in the light of Goethe's science of nature. *Inquiry*, 15, 363–386.
- Hensel, H. 1998: Goethe, science, and sensory experience. I D. Seamon & A. Zajonc (red): *Goethe's way of science. A phenomenology of nature*. New York: SUNY.
- Ihde, D. 2000: *Experientell fenomenologi. En introduktion*. Göteborg: Daidalos.
- Kaufmann, W. 1974: Translators introduction. I F. Nietzsche: *The gay science*. New York: Vintage Books.
- Kimball, M. 1967/68: Understanding the Nature of Science: A comparison of scientists and science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 110–120.

- Knain, E. 2001: Ideologies in school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 23(3), 319–329.
- Koulaidis, V. & Ogborn, J. 1989: Philosophy of science: An empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11(2), 173–184.
- Matthews, M.R. 2000: *Time for science education. How teaching the history and philosophy of pendulum motion can contribute to science literacy*. New York: Kluwer Academic/Plenum.
- McComas, W. (red) 2000: *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer.
- Miller, J.D. 1983: Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Dædalus*, 112, 29–48.
- Nietzsche, F. 1974: *The gay science*. New York: Vintage Books.
- Ott, A. 2000: Att lära för skolan eller för livet? Sociokulturell och naturvetenskaplig diskurs i växelverkan. *Nordisk Pedagogik*, 20(2), 90–106.
- Prawat, R. S. 2000: Dewey meets the ›Mozart of psychology‹ in Moscow: the untold story. *American Educational Research Journal*, 37(3), 663–698.
- Roth, W-M. & Bowen, G.M. 1999: Complexities of graphical representations during ecology lectures: an analysis rooted in semiotics and hermeneutic phenomenology. *Learning and Instruction*, 9(3), 235–256.
- Roth, W-M. & Roychoudhury, A. 1994: Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 5–30.
- Ryder, J., Leach, J. & Driver, R. 1999: Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 201–219.
- Sjøberg, S. 2000: *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.
- Sällström, P. (red) 1979: *Goethes färglära*. Järna: Kosmos förlag.
- Whitson, J.A. 1997: Cognition as a semiotic process: From Situated Mediation to Critical Reflective Transcendence. I D. Kirshner & J.A. Whitson (red): *Situated cognition. Social, semiotic, and psychological perspectives*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum.