

Lärande och undervisning i naturvetenskap

– en forskningsöversikt

Gustav Helldén

Britt Lindahl

Andreas Redfors

Lärande och undervisning i naturvetenskap
– en forskningsöversikt

Vetenskapsrådet
(Swedish Research Council)
103 78 Stockholm

© Vetenskapsrådet

ISBN 91-7307-064-5

ISSN 1651-7350

Produktion: ORD&FORM AB, Uppsala 2005

Omslagsillustration: Lena Wennersten

Förord

Utbildningsvetenskapliga kommittén startade sin verksamhet i mars 2001. Uppdraget är att främja forskning av hög vetenskaplig kvalitet med relevans för lärarutbildning och pedagogisk yrkesverksamhet. Det innebär forskning om lärande, kunskapsbildning, utbildning och undervisning. På samma sätt som Vetenskaprådet i övrigt har kommittén även i uppgift att behandla forskningspolitiska frågor och arbeta med forskningsinformation.

Kommittén fördelar medel till forskningsprojekt och forskarskolor. Utöver detta stöder kommittén även forskarnätverk, arrangerar konferenser och delar ut resebidrag för att stimulera internationellt utbyte mellan forskare. Kommittén har även initierat olika översikter och kartläggningar.

För att stimulera till diskussion om det utbildningsvetenskapliga området och dess fortsatta utveckling har kommittén bett några forskare att belysa olika teman med anknytning till kommitténs uppdrag.

I denna rapport beskriver professor Gustav Helldén, universitetslektor Britt Lindahl och docent Andreas Redfors, alla vid Högskolan Kristianstad, forskning om lärande och undervisning i naturvetenskap. Författarna berör även attityder till, och synen på, skolans naturvetenskap. Rapporten innehåller också en sammanställning över internationella organisationer, konferenser och tidskrifter.

Stockholm i december 2004

Tjia Torpe
Ordförande

Ulf P. Lundgren
Huvudsekreterare

Innehåll

Inledning	7
Ämnesdidaktisk forskning i naturvetenskap	7
Avgränsning	10
Forskning om lärande i naturvetenskap	12
Forskningsfältets framväxt	12
Utvecklingen av ett forskningsperspektiv	16
Begreppsförändringsmodellens bidrag till beskrivning av lärande i naturvetenskap	19
Naturvetenskapens karaktär (The nature of science)	22
Fenomenografi och variationsteori inom lärandeforskning	24
Samhällskritisk forskning	25
Språkets betydelse för lärande i naturvetenskap	27
Forskning om attityder och vad som påverkar dem	32
Varför bry sig om ungdomars attityder till naturvetenskap?	32
Vad menas med attityder till naturvetenskap och hur mäts de?	33
Vad tycker ungdomarna enligt nationella och internationella studier?	35
Attityder/intresse och kön	37
Attityder/intresse och kognitiva faktorer	38
Attityder/intresse och faktorer i skolan	41
Attityder/intresse och faktorer utanför skolan	48
Forskning om undervisning i naturvetenskap	51
Begreppsförståelse som utgångspunkt	53
Variation i undervisningen	54
Projektbaserad undervisning	56
Naturvetenskapens karaktär	58
Implementering av forskningsresultat	59
Teknologi – datorer	61
Lärandemiljöer	65
Forskning om lärarutbildning i naturvetenskapliga ämnen	70
Forskning om synen på skolans naturvetenskap	75
Utveckling av läroplaner, kursplaner och undervisning	75
Argument för naturvetenskap i skolan	79
Utvärdering (Assessment)	83

Forskarsamfundet	<i>90</i>
Organisationer och konferenser	<i>90</i>
Tidskrifter.....	<i>96</i>
Na-didaktisk forskning i Sverige	<i>97</i>
Referenser	<i>105</i>

Inledning

Ämnesdidaktisk forskning i naturvetenskap

Den engelskspråkliga benämningen av detta forskningsområde är *Science Education Research* vilket kan översättas med ämnesdidaktisk forskning i naturvetenskap eller kortare Na-didaktisk forskning. Andersson (2000a) säger att ämnesdidaktikens uppgift är att skapa, utveckla och vårda kunskandet om undervisning angående olika innehåll och under olika betingelser. Betingelser kan vara undervisningsmetoder, elevers och lärares kunskapsmässiga förutsättningar, gällande kursplaner, en skolas sociala miljö, politiska beslut på olika nivåer och tillståndet i samhällsekonomin. Innehåll kan vara ett skolämne, men också en universitetsdisciplin liksom kunskaper och färdigheter som behövs för att utöva ett yrke. Allmänt sett har ämnesdidaktiken tre viktiga kontaktytor mot omgivningen. Den första är mot angränsande utbildningsvetenskapliga discipliner som pedagogik, didaktik och specialpedagogik, den andra är mot den praktiska undervisningen, särskilt i skolan och den tredje är mot olika ämnen. Man arbetar med frågor av typen: Varför ska man läsa naturvetenskap? Vad är fysik? Vad är centralt i kemi? Hur ska undervisningen struktureras för att lärande ska ske? Vilka är undervisningens mål? Sjöberg (2000a) hävdar att det dessutom är väsentligt att beakta vem som ska undervisas, dvs. elevens bakgrund, förutsättningar och intressen. Ämnesdidaktiken kräver därför kunskande i både ämne och pedagogik tillsammans med en god förankring i undervisningens praktiska verklighet.

Utan tvekan är Na-didaktisk forskning ett relativt nytt forskningsfält även om forskning har pågått länge inom angränsande discipliner (Jenkins, 2001). Före 1960-talet fanns det i stort sett ingen samordnad Na-didaktisk forskning fränsett i USA (Fensham, 2003). Enligt honom beskrev Watson denna forskning i *American Education Research Associations* (AERA) första *Handbook of Research on Teaching* som kom ut 1963 med referenser enbart från USA samtidigt som han kommenterade bristen på internationella referenser. Därefter har forskningen successivt vuxit över hela världen och Fensham (2003) argumenterar för att Na-didaktisk forskning numera måste betraktas som ett eget forskningsfält. I sin argumentation gör han en jämförelse med forskarsamhällena i de naturvetenskapliga disciplinerna och sätter upp ett antal kriterier för att visa detta. De kriterier som han menar ska vara och faktiskt är uppfyllda är av tre typer; strukturella, inomvetenskapliga och resultatens användbarhet.

Det första strukturella kriteriet handlar om ett **akademiskt erkännande**, dvs. att ämnet ingår i universitetens struktur med egna institutioner och professorer. Före 1960 var USA det enda land som hade *science education* som egen akademisk disciplin. Under det kalla kriget och i synnerhet efter ”Sputnik-chocken” 1957 blev naturvetenskaplig undervisning på högstadie- och gymnasienivå prioriterade områden i många länder. För att leda utvecklingen av den nya disciplinen utsågs de första professorerna i *science education* i Storbritannien, Tyskland, Canada och Australien i slutet av 60-talet. De som utnämndes till dessa positioner var antingen erfarna lärare som varit ledare för läroplansutveckling eller akademiker inom ämnesdisciplinerna som särskilt engagerat sig i undervisningsfrågor. Som Sveriges förste professor i ämnesdidaktik utnämndes 1997 Björn Andersson vid Göteborgs universitet.

Det andra strukturella kriteriet är förekomsten av framgångsrika **forsknings-tidskrifter** som möjliggör publikation av kvalitativ forskning inom fältet. Den äldsta tidskriften, *Science Education*, utkom första gången 1916 i USA men under annat namn. Den följdes 1963 av *Journal of Research in Science Teaching*. Under 70-talet etablerades *Studies in Science Education* och *European Journal of Science Education* (numera *International Journal of Science Education*) i Europa och *Research in Science Education* i Australien. Dessa tidskrifter är fortfarande de ledande inom forskningsområdet men har följts av många fler. Nordens första tidskrift i Na-didaktik, *Nordina*, är tänkt att komma ut med sitt första nummer våren 2005. Tidskriften kommer att utges av Naturfagsenteret vid Universitetet i Oslo i samarbete med Göteborgs universitet.

Andra strukturella kriterier handlar om **internationella och nationella organisationer** och **regelbundna forskningskonferenser** som ger forskarna möjlighet att mötas och direkt utbyta erfarenheter. I många länder har det länge funnits föreningar för lärare i naturvetenskapliga ämnen men fram till 1970 var *National Association for Research in Science Teaching* (NARST) i USA den enda som organiserade forskare inom science education. Då bildades en liknande organisation i Australien som sedermera kom att omfatta även Asien och nu benämns *Australasian Science Education Research Association* (ASERA). Europas motsvarighet *European Science Education Research Association* (ESERA) grundades inte förrän 1995. Parallellt har organisationer som fokuserar speciella frågor inom Na-didaktik eller undervisning i något av de naturvetenskapliga ämnena vuxit fram. I Sverige bildades *Svensk Förening för Forskning i Naturvetenskapernas didaktik* (FND) under 2001. En utförlig sammanställning över organisationer och tidskrifter finns längre fram i avsnittet om Forskarsamfundet.

Som de två sista strukturella kriterierna anger Fensham (2003) att det ska finnas **ledande forskningscentra** och **forskarutbildning** inom ämnet. Under 60-

talet började forskargrupper växa upp kring stora projekt som skulle utveckla skolundervisningen i naturvetenskap men i dag finns det forskningscentra vid många universitet och högskolor över världen. I de länder som valt att utnämna professorer i *science education* finns också en forskarutbildning i ämnet, i andra länder kan denna ske inom discipliner som naturvetenskap, lärarutbildning eller samhällsvetenskap. Den första svenska forskarmiljön i Na-didaktik skapades i Göteborg under Nils Svantessons ledning och den första svenska avhandlingen inom fältet framlades 1976 av Björn Andersson. Han, precis som sina efterföljare, disputerade i ämnet pedagogik. Genom Björn Anderssons arbete erbjöds den första svenska forskarutbildningen i ämnesdidaktik med inriktning mot naturvetenskap vid Göteborgs universitet hösten 1996 och hittills har sju doktorander disputerat. Genom ett regeringsbeslut har *Forskarskolan i naturvetenskapernas och teknikens didaktik* etablerats vid Linköpings universitet som ett samarbete mellan flera högskolor/universitet och de första doktoranderna påbörjade sina studier våren 2002. Forskarutbildning i ämnet kombinerat med ämnets didaktik är numera möjlig vid några av de naturvetenskapliga ämnesinstitutionerna.

När det gäller de inomvetenskapliga kriterierna lyfter Fensham (2003) först fram den **naturvetenskapliga kompetensen**.

Studies belong in the field of science education if their design and conduct requires a level of scientific knowledge in the researcher (Fensham, 2003, s. 5).

Han menar att det är omöjligt att ställa bra forskningsfrågor, utforma lämpliga mätinstrument, analysera insamlade data och diskutera resultaten utan att ha naturvetenskapliga kunskaper. Här använder han samma argumentation när det gäller forskarna som Shulman (1986) gör när det gäller lärarna, att det är deras *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) som skiljer agnarna från vetet. Andra kriterier är att forskarna **ställer frågor** som är typiska och gemensamma för forskningsfältet. Exempel på sådana frågor är elevers förståelse av olika fenomen, frågor om undervisningens innehåll och genomförande samt betydelse av kön, social och kulturell bakgrund. De grundläggande begrepp som definieras av olika forskare utgör grunden till teoretiska modeller som kan användas för att förklara olika fenomen. Ett exempel på en sådan **begreppslig och teoretisk utveckling** är hur Cobern (1996) har tolkat, tillämpat och senare utvecklat *World View Theory*. De tre sista inomvetenskapliga kriterierna handlar om utveckling av **forskningsmetodologier** samt en **progression** i forskningen som beskrivs i **modell- och idégivande publikationer**.

Den tredje typen av kriterier handlar om forskningsresultatens användbarhet, dvs. de ska vara möjliga att omsätta i praktiken. Ett exempel är *Project to Enhance*

Effective Learning (PEEL, 2004) i Australien som omarbetats för svenska förhållanden på initiativ av Sven-Olof Hägglund (Hägglund & Madsén, 1999) under namnet *Projekt för lärande under eget ansvar* (PLAN). Enligt Jenkins (2001) är forskningens möjlighet att utveckla praktiken det allra viktigaste kriteriet. Han argumenterar samtidigt för vidgning av praktiken från klassrummet till den politiska arenan och menar att forskningsresultaten borde påverka de politiska besluten som rör skola och undervisning i mycket större omfattning än de gör i dag.

Även om Fenshams genomgång visar på att Na-didaktik är ett eget forskningsfält finns det utan tvekan en spänning mellan forskare/lärare som undervisar i naturvetenskap på universiteten och forskare/lärarytbildare inom Na-didaktik. Denna konflikt kan enligt Dahncke et al. (2001) bero på hur de inblandade ser på naturvetenskap.

While discipline scientists may consider science as a body of canonical knowledge, science education researchers may consider it as a process, by which we come to understand natural phenomena. While one group may consider science as hierarchical and logical, the other may consider it as part of a broader context for literacy. While one group may consider science a speciality for the intellectually gifted, the other may consider it as exclusionary and alienating. Ultimately, the question both groups need to solve is: are we dispensing science or are we educating about science? (s. 44.)

Na-didaktik är ett tvärvetenskapligt område nära relaterat till många andra discipliner såsom naturvetenskap, filosofi, psykologi, pedagogik, sociologi, filosofi, historia, antropologi och etik utan att vara en underavdelning av någondera (Dahncke et al. 2001) utan snarare en bro mellan dem (Sjøberg, 2000a). Forskning och utveckling inom Na-didaktik kräver självklart en kompetens inom det naturvetenskapliga området men också kompetens inom flertalet stödämnen. Om forskningen främst orienterar sig mot naturvetenskap skulle den inte utveckla undervisningen. Det viktiga är att i en vid mening få en balans mellan de naturvetenskapliga och utbildningsvetenskapliga frågorna (Dahncke et al. 2001).

Avgränsning

Vi har valt att avgränsa beskrivningen av pågående Na-didaktisk forskning till den som vi finner angelägen för undervisning i naturvetenskapliga ämnen. Vidare har vi antagit ett antal deskriptorer för att beskriva vårt urval. Den första är ålder på de lärande människorna. Här har vi valt att inte avgränsa

alls, åldern kan vara från förskoleåldern till studenter i högskolevärlden. Ämnesmässigt så har vi valt att strikt hålla oss till naturvetenskap, ibland övergripande studier i Na-didaktik och ibland mer specifika studier i kemi-, biologi- och fysikdidaktik. De sammanhang där dessa ämnen studeras varierar. Vi har valt att hålla oss till skolväsendet, ämnesstudier inom högskolan, samt lärarutbildning. Vi tar därmed inte upp forskning fokuserad på utbildning av ingenjörer, sjuksköterskor, läkare eller andra yrkesutbildningar där naturvetenskap ingår. Lärande och undervisning i informella miljöer och museum tar vi inte heller upp, utan hänvisar till en nyligen publicerad översikt av Dierking, Ellenbogen och Falk (2004).

Forskning inom området försiggår i ett globalt sammanhang, vilket vi beskriver i det avslutande kapitlet genom att gå igenom var resultat från forskningen kommuniceras i dag. Vi håller oss till sammanhang där det officiella språket är engelska eller skandinaviska. Detta leder oundvikligen till att de anglo-amerikanska perspektiven kommer att dominera. Det är en realitet för den internationella forskningen i dag.

I arbetet med denna översikt så har vi utgått ifrån den senaste internationella översikten över hela forskningsfältet *International Handbook of Science Education* (Fraser & Tobin, 1998). Den struktur vårt arbete har speglar upplägget i handboken och någon av oss tre har haft huvudansvaret för varje del. Vi har alla bidragit till helheten, men det finns nyansskillnader i språkbruk mellan de olika delarna.

Kristianstad i september 2004

Gustav Helldén Britt Lindahl Andreas Redfors

Forskning om lärande i naturvetenskap

Forskningsfältets framväxt

Forskningen om lärande och undervisning i naturvetenskap liksom forskning om lärande och undervisning i allmänhet var under slutet av 1900-talet starkt påverkad av Piagets syn på lärande. Genombrottet för denna forskningstradition inom naturvetenskapens didaktik kom efter det att Piaget ”återupptäcktes” i samband med symposier på Cornell och Berkley 1963 (Piaget, 1964; Ripple & Rockcastle, 1964).

Den Piaget-inspirerade forskningen utgick från en konstruktivistisk syn på lärande. Enligt detta synsätt utgör elevers föreställningar om fenomen en viktig utgångspunkt för lärande och undervisning. Som ett resultat av aktualiserandet av Piagets forskning under 1960- och 70-talen kom hans beskrivning av lärandets utveckling genom olika stadier att väcka ett stort intresse och karakterisera forskningen om lärande och undervisning under denna period. Detta gäller i särskilt hög grad lärandet inom de konkreta och formella operationernas stadier.

Inledningsvis hade Piagets teorier om lärande stor betydelse för utvecklingen av olika forskningsmiljöer i konstruktivistisk anda. En sådan forskningsmiljö bildades vid Berkeleyuniversitetet i Kalifornien under ledning av Richard Karplus. Där utvecklades ett undervisningsprojekt, *Science Curriculum Improvement Study* (SCIS) som fick stort inflytande på forsknings- och undervisningsprojekt världen över (Fensham, 2003). Så skedde också vid universitet i Göteborg där en forskningsmiljö vad gäller lärande och undervisning i naturvetenskap etablerades under Nils Svantessons och senare under Björn Anderssons ledning. SCIS-programmet utvecklades här till en svensk version, Låg- och Mellanstadiets Naturvetenskap (LMN) (Andersson, 1989). Forskargruppen i Göteborg antog senare namnet EKNA-gruppen (Elevtänkande och Kurskrav NATurvetenskaplig undervisning) och ägnade sig att beskriva högstadie- och gymnasieelevers föreställningar om naturvetenskapliga fenomen. Forskningsresultat har publicerats i ett flertal avhandlingar och tidskriftsartiklar som finns redovisade i slutet av denna forskningsöversikt. Framgångsrikt internationellt samarbete har etablerats till exempel med forskargruppen i Leeds.

Forskningen och forskarutbildningen i Göteborg har varit en inspirationskälla för forskare i andra delar av landet. För exempelvis forskargruppen *Learning In*

Science and Mathematics (LISMA, 2004) i Kristianstad har samarbetet med Göteborg betytt mycket för utvecklingen av forskningsmiljön, bland annat genom att två forskare från Kristianstad tog sin doktorsgrad i Göteborg (Eskilsson, 2001; Lindahl, 2003). Dessa studier liksom flera andra har haft en longitudinell design (Helldén, 2004a,b; Helldén & Solomon, 2004; Holgersson & Löfgren, 2004).

I England utvecklades forskningsmiljöer i Leeds under Rosalind Drivers ledning samt i London vid Kings College och Institute of Education med bland andra Paul Black respektive Jon Ogborn som vetenskapliga ledare. Dessa tre personer kom att figurera i många forskningsrapporter som fick stor betydelse både nationellt och internationellt för utvecklingen av den Na-didaktiska forskningen. Andra lärosäten i England av stor betydelse för utvecklingen av didaktisk forskning var universitetet Liverpool och Oxford där Wynne Harlen och Terry Russell respektive Joan Solomon var verksamma. I Australien och Nya Zeeland skedde en liknande utveckling.

Joseph Novak och hans forskargrupp vid Cornell University i USA utvecklade också en forskning med utgångspunkt från ett didaktiskt perspektiv men med andra utgångspunkter. De utmanade Piagets teorier om bland annat utvecklingen av generella kognitiva strukturer hos den lärande människan under uppväxten. Man utgick i stället från Ausubels teorier om lärande och hävdade att det inte utvecklades några generella kognitiva strukturer (Novak, 1978; 1998). Novak menade att lärandet var kontextberoende och bestod i att nya begrepp anslöts till det kunnande den lärande redan hade genom en fortlöpande integrationsprocess (progressive differentiation), varigenom den lärandes begreppsapparat (conceptual framework) utvecklades. En central fråga inom denna forskningsgenre är betydelsen av den lärandes utgångsläge vilket kan sammanfattas i följande citat av från David Ausubel (1968).

If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly (s. VI).

Sedan Rosalind Driver och Jack Easley 1978 publicerade ”Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students”, skedde en enorm expansion av forskning om elevers och studenters föreställningar inom ett stort antal begreppsområden (Driver, Squires, Rushworth och Wood-Robinson, 1994). Elevers föreställningar stämde inte överens med det som var vetenskapligt accepterat. Internationellt fanns det många olika benämningar på dessa föreställningar bland annat *children's science*, *alternative ideas*, *naive theories*, *intuitive ideas*, *common sense beliefs*. Särskilt i amerikansk

litteratur har använts beteckningen *misconception* som leder tankarna till missförståelse av begrepp som presenterats i undervisningen. Ausubel (1968) kallade föreställningarna *preconceptions* vilket tyder på att det är något omoget och ofullständigt. I svensk forskning används ofta beteckningen vardagsföreställningar som har en tysk motsvarighet, *Alltagsvorstellungen*.

Forskning inom detta område finns mycket väl dokumenterad sedan åtskilliga år i en databas vid *Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften* (IPN) i Kiel. Denna databas omfattar följande forskningsområden: 1. Teoretiska aspekter vad gäller studier av undervisning och lärande i naturvetenskap. 2. Elevföreställningar i naturvetenskap. 3. Lärares föreställningar i naturvetenskap. 4. Undervisningsupplägg som tar hänsyn till lärares och elevers föreställningar i naturvetenskap (conceptual change). 5. Lärarutbildning (Duit, 2004).

Den konstruktivistiskt orienterade forskningen har tagit intryck av Vygotskijs teorier om lärande. Så skedde inom forskargruppen i Leeds där man under första hälften av 1990-talet utnyttjade ett forskningsperspektiv där det sociala samspelet fick en framskjutet plats vid beskrivandet av elevers lärande, vilket kom till uttryck i en artikel i *Educational Researcher* (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). Denna artikel väckte stort intresse världen över och blev av stor betydelse för diskussionen om ett vidare forskningsperspektiv vad gäller lärande och undervisning i naturvetenskap (Fensham, 2003).

Ett annat exempel på hur konstruktivistiska perspektiv också utnyttjar vygot-skiansk teori vid beskrivning av elevers lärande kommer till uttryck i Björn Anderssons beskrivning av ett socialkonstruktivistiskt perspektiv. Han menar att kunnande i stor utsträckning är socialt medierat och individuellt konstruerat. Naturvetenskapens huvudsakliga kunskapsobjekt utgörs av socialt konstruerade begrepp och teorier. För att elever ska upptäcka och tillägna sig naturvetenskapliga begrepp och teorier måste de vara tillsammans med människor som använder dessa. Det är fråga om att inlemmas i, att erövra, att bli medskapande i en kultur. Denna kulturering kräver både social stimulans och egen aktiv bearbetning av kulturens innehåll. Social och individuell konstruktion är komplementära processer som båda är nödvändiga för det naturvetenskapliga lärandet (Andersson, 2001; 2002).

Den förnyade presentationen av Vygotskijs forskning under 1980-talet främjade utvecklingen av forskning om det sociala samspelet och språkets betydelse. I denna förnyade lansering spelade bland andra Jerome Bruner en central roll (Bruner, 1985). Under det senaste decenniet har intresset för studier av lärande i naturvetenskap gradvis förskjutits från studier av individers förståelse till forskning om hur förståelse utvecklas i ett socialt sammanhang (Duit & Treagust, 2003). Vygotskijs teorier om lärande har haft stor betydelse för denna intresse-

förskjutning inom Na-didaktisk forskning (Vygotskij, 1962, 1978). Han menade att en människas kunnande har sitt ursprung och utvecklas i ett socialt sammanhang innan individen tillägnar sig kunnandet genom en internaliseringsprocess.

Ett sociokulturellt perspektiv på lärande tar sin utgångspunkt i Vygotskijs teorier om lärande. Här står kommunikationen inom en grupp i centrum. Under lärandeprocessen socialiseras individen in i en gemenskap. Ett begrepp som ofta utnyttjats i beskrivningen av lärande är *zone of proximal development* (Vygotskij, 1962). Den proximala utvecklingszonen utgör den möjlighet till lärande som en individ har om den får hjälp av en annan människa som en förälder, kamrat eller lärare i jämförelse med vad individen skulle kunna lära sig utan detta stöd. Forskning om lärarens roll kom att stå mer i fokus än tidigare. Kommunikationen och särskilt språkets betydelse för elevers lärande uppmärksammades på ett särskilt sätt. Detta forskningsperspektiv har hämtat mycket av sin inspiration också från skildringar av lärande i autentiska miljöer (Lave & Wenger, 1988; Wertsch, 1998).

Jan Schoultz grundar sin forskning på ett sociokulturellt perspektiv på lärande som i stor utsträckning utgår från Vygotskijs tankar (Schoultz, 2000). Han har bland annat problematiserat resultaten från en mera konstruktivistiskt inriktad forskning genom samtal med elever med utgångspunkt från frågeställningar som denna forskning använt sig av (Schoultz, Säljö, & Wyndhamn, 2001; Schoultz, 2002). Kunskap är enligt detta synsätt inte något som finns inom individen utan i ett samspel människor emellan där de försöker förstå varandra. Schoultz konstaterar att lärande i naturvetenskap sker genom att individen bli insocialiserad i en diskursiv tradition.

Östman och Wickman genomför också forskning från sociokulturellt perspektiv. Språkanvändningens och undervisningens sammanhang lyfts fram i Leif Östmans tidigare forskning, där han utgår från konkreta undervisningsexempel från grundskolans högstadium (Östman, 1995). Lärande av naturvetenskapliga begrepp förutsätter lärande av ett speciellt naturspråk. Lärande i vetenskaplig mening åtföljs av ett lärande som också innebär en värdering. Östman menar vidare att lärande och socialisation utgör två samtida aspekter av meningsskapandet i kommunikativa processer (Östman, 1998).

Östman och Wickman har genomfört ett forskningsprojekt om studenters arbete under laborationer (Wickman & Östman, 2001). Med utgångspunkt från inspelningar av studenters samtal med varandra under laborationer i zoologi har de beskrivit hur studenter lär under laborationer (Wickman, 2002). Vid analysen av det inspelade materialet används Wittgensteins tankar om hur mening skapas samt utifrån ett pragmatiskt och sociokulturellt perspektiv. Stu-

denterna gjorde i mycket liten utsträckning generaliseringar med utgångspunkt från vad de såg. De utgick från vad de läst i kursböcker eller snappat upp under föreläsningar. Detta betyder inte att de är oförmögna att göra egna generaliseringar (Wickman & Östman, 2002a). I en annan artikel redovisas en studie av lärandet under ovanstående laborationer som en förändring av diskursen (Wickman & Östman, 2002b). I ett annat forskningsprojekt har Wickman studerat lärandet hos universitetsstudierande under en kemilaboration med fokus på de praktiska epistemologierna. Med praktisk epistemologi menas en människas sätt att se på världen som den kommer till uttryck i tal och handling (Wickman, 2004).

Utvecklingen av ett forskningsperspektiv

För att få veta mer om hur man skulle utforma framgångsrik undervisning i naturvetenskap genomfördes ett forskningsprojekt vid universitetet i Leeds som ett aktionsforskningsprojekt (Scott & Driver, 1998). I ett samarbete mellan en lärargrupp och en forskargrupp CLIS (*Children's Learning In Science*) valde man att studera undervisning och lärande inom tre centrala begreppsområden: växters näringsbehov, materiens partikelnatur och energi. Tidigare forskning hade visat att elever hade problem med att förstå dessa fenomen. Målet med forskningsprojektet var att skapa en undervisning som innebar att eleverna skulle förändra sitt tänkande om fenomenen.

Femton lärare arbetade fortlöpande tillsammans med forskarna för att utforma undervisningen inom de tre begreppsområdena. Projektet utgick från en konstruktivistisk modell för lärande vilket bland annat innebär antagandet att elever lär genom social interaktion och genom erfarenheter av den fysiska världen. Detta diskuterades intensivt både bland lärare och forskare. Målet för projektet var att eleverna dels skulle tillägna sig ett naturvetenskapligt synsätt vid arbetet med de olika begreppsområdena och dels förstå det naturvetenskapliga arbetssättet. I det inledande skedet undervisade lärarna som de brukade göra. De diagnostiserade lärandet i en klass och dokumenterade egna reflektioner om undervisningen. Efter denna förstudie planerades så kommande interventioner. Det fanns ett speciellt behov att analysera skillnaden mellan elevernas föreställningar och ett mera naturvetenskapligt betraktelsesätt, som bearbetades genom feedback och dialog. I samband med regelbundet återkommande sammankomster kunde forskare och lärare tillsammans granska undervisningsinslag i ljuset av elevernas framsteg (Scott & Driver, 1998).

Under de två år som forskningsprojektet pågick fick lärarna uppleva hur deras

undervisning förändrades genom att elevernas egna föreställningar togs i beaktande då undervisningen skulle planeras. Undervisningen inom de tre begreppsområdena utgick från undervisningssekvenser där man tog hänsyn både till aspekter av allmänpedagogisk natur och till frågor som rörde själva ämnesinnehållet. Fallstudier togs fram och analyserades noga bland annat genom diagnostiska tester (Scott & Driver, 1998).

Scott och Driver (1998) påpekar att även om en lärare säger sig ha en viss syn på undervisning leder detta inte automatiskt till att undervisningen i realiteten förändras. Emellertid betyder kunskap om elevers förståelse och hur denna påverkas av undervisning en viktig utgångspunkt vid planering och genomförande av undervisning. När väl läraren blir medveten om skillnaden mellan vardagsförståelse och ett vetenskapligt synsätt, finns det förutsättningar för att undervisningen ska förändras. Läraren spelar en central roll genom att ge elever möjlighet att diskutera sina föreställningar för att sedan relatera dessa till ett naturvetenskapligt sätt att se på fenomenen.

Som ett resultat av ovanstående forskningsprojekt och efterföljande studier av lärande i naturvetenskap, kom Leedsgruppens perspektiv på lärande att inkludera en mer sociokulturellt orienterad syn, vilket framgår av nedanstående citat från en artikel i *Educational Researcher* (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994).

Although learning science involves social interactions, in the sense that the cultural tools of science have to be introduced to learners, we have argued that individuals have to make personal sense of newly introduced ways of viewing the world. If everyday representations of particular natural phenomena are very different from scientific representations, learning may prove difficult (Driver et al. 1994 s. 11).

Scott (1998) hänvisar till Leontjevs (1981) beskrivning av internaliseringsprocessen. Den innebär inte bara ett överförande av begrepp till en individ genom språket. Den lärande människan omformar erfarenheterna i ett socialt sammanhang och i relation till sina tidigare erfarenheter. Scott och Driver (1998) menar att vygotkskiansk teori i detta avseende erkänner det piagetanska perspektivet att den lärande människan inte kan vara en passiv mottagare av kunskap och undervisning. Den vygotkskianska analysen kombinerar ett personligt och ett socialt perspektiv med internaliseringsprocessen i fokus.

“first between people as interpsychological category and then inside the child as an intrapsychological category”, (Vygotskij, 1978, s. 128).

Denna inriktning har inneburit ett förnyat intresse för den roll läraren spelar för elevens lärande (Ogborn, Kress, Martins & Macgillcuddy, 1996; Scott, 1998). Läraren kan ge eleverna stöd att utveckla sin förståelse som inte hade varit möjligt utan sådant stöd. Detta sker inom ramen av det som Vygotskij kallar *the zone of proximal development* (ZPD). I stället för att fokusera på aktiviteter som ska leda till begreppsförändring, intresserar man sig för hur läraren talar om de olika aktiviteterna. Lärande i naturvetenskap kan då mer beskrivas som att tillägna sig ett språkbruk, ett nytt sätt att tala om fenomenen genom internalisering. Erickson (2000) menar att denna forskning kan betraktas som en vidareutveckling av konstruktivismen och ett sätt att anpassa sig till nya strömningar. Han anser att det inte är ett nytt forskningsprogram utan ett sätt att skydda ett etablerat forskningsprogram.

Forskningen i Leeds har fortsättningsvis medfört att man alltmer betonat sociokulturella aspekter på lärande även om man fortfarande argumenterar för nödvändigheten av att även ha med det individuella perspektivet (Leach, & Scott, 2003). Leach och Scott argumenterar alltså på liknande sätt som Sfard (1998) för behovet att ha med båda perspektiven vid beskrivningen av lärandeprocessen. Sfard menade att vi behöver använda oss av både deltagarmetaforen (sociokulturellt perspektiv) och förvävarmetaforen (individuellt perspektiv) för att beskriva lärande. Leach och Scott karakteriserar en syn på lärande från ett individuellt perspektiv som en förändring av den lärande människans mentala strukturer. De menar att forskning om lärande och undervisning i naturvetenskap i allt större utsträckning utnyttjar ett vygotskianskt perspektiv. Detta innebär att lärande sker i sociala interaktioner eller som ett resultat av interaktioner med kulturella produkter som bland annat finns tillgängliga i böcker vilket Leach och Scott karakteriserar som ett sociokulturellt perspektiv på lärande.

När Leach och Scott presenterar sin syn på lärande i naturvetenskap där de utnyttjar både ett sociokulturellt och ett individuellt perspektiv, är utgångspunkten antagandet att högre mental förmåga hos individen härledes från social interaktion. Internaliseringen innebär att individen får förmåga att använda begreppsliga redskap (*conceptual tools*) som hon/han först stött på i ett socialt sammanhang. Av central betydelse för detta perspektiv är kontinuiteten mellan språk och tanke. Språket erbjuder redskap genom vilka tankar först repeteras på ett "intermentalt plan" för att sedan omformas på ett "intramental" plan. Vi tänker oss att detta perspektiv ligger nära, alternativt är identiskt med, ett socialkonstruktivistiskt perspektiv på lärande.

För att beskriva vilken betydelse språket har utnyttjar Leach och Scott (2003) Bakhtins beskrivning av ett "socialt språk" (*social language*) (Bakhtin, 1981). Det naturvetenskapliga språkbruket kan också betecknas som ett "socialt språk"

som utvecklats bland naturvetare som ett sätt att tala och tänka. Barn slutar inte använda vardagsperspektiv sedan de lärt sig att behärska den naturvetenskapliga diskursen. Olika sätt att tala passar olika sammanhang och livssituationer.

I skolan presenteras ofta naturvetenskap som det enda acceptabla sättet att tala om naturen. Det finns dock andra sätt att uttrycka sig. I det dagliga livet är vi involverade i flera andra sätt att tala och tänka om världen. Det kan tyckas oproblematiskt att börja tala om världen på ett nytt sätt, men alla lärare vet att så inte är fallet, utan att lärande i naturvetenskap ofta skapar svårigheter. Internaliseringen innebär enligt Vygotskij inte en överföring av sätt att tala från ett ”intermentalt” till ett personligt plan. Det måste finnas ett steg däremellan där individen kommer fram till en personlig förståelse av de idéer som den mött på ett socialt plan. Den lärande måste omorganisera och rekonstruera tal och aktiviteter som framförts på detta plan. Leach och Scott konstaterar följande.

In this respect Vygotskian theory brings together social and individual views, sharing common ground with the various constructivist views in recognising that the learner cannot be a passive recipient of meanings (Leach & Scott, 2003, s. 102).

De hävdar dock att det inte är möjligt för elever att själva konstruera naturvetenskapligt kunnande utan här spelar lärarens insats en central roll. En god naturvetenskaplig undervisning innebär att målen med undervisningen identifieras med utgångspunkt från analys av vad undervisningen inom ett visst ämnesområde kräver. Undervisningen leds av lärare på ett sådant sätt att naturvetenskapligt kunnande blir tillgängligt för eleverna på ett socialt plan och att eleverna får hjälp att nå en personlig förståelse av innehållet (Leach & Scott, 2003).

Begreppsförändringsmodellens bidrag till beskrivning av lärande i naturvetenskap

Det mest framträdande forskningsområdet inom de naturvetenskapliga ämnenas didaktik under de senaste tre årtiondena har handlat om elevers och studenter begreppsförståelse. Denna forskning har visat att elever har djupt rotade föreställningar om naturvetenskapliga fenomen och begrepp då de möter skolans undervisning (Duit & Treagust, 2003). Efter det att teorin om *conceptual change* (begreppsförändring) lanserades 1982, kom många forskningsprojekt att behandla problemen med att få elever att lämna en tidigare mindre utvecklad föreställning till förmån för en föreställning som mer överensstämmer med den vetenskapligt vedertagna (Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982).

Under 1980-talet strävade man efter att skapa en undervisning som skulle få eleverna att förändra sin begreppsförståelse till det bättre. Inledningsvis försökte man tillämpa Piagets stadieteori inom detta undervisningsområde. Forskningen utgick från ett strikt konstruktivistiskt perspektiv. Man beskrev det bland annat som att elever behövde uppleva en kognitiv konflikt som utmanade dem att lämna en föreställning till förmån för en annan. Forskning visade dock att detta ofta varken var möjligt eller önskvärt (Hewson & Hewson, 1984). Man menade i stället att begreppsutveckling innebär en förändring av begreppens status. Det behöver inte innebära att ett begrepp byts ut mot något annat. Elevernas tidigare föreställningar förlorar i status i jämförelse med de nya föreställningarna. Beskrivningarna av naturvetenskapliga fenomen är kontextberoende. Det gäller att göra elever medvetna om användningen av olika beskrivningar av naturvetenskapliga fenomen i olika sammanhang.

I sin kritik av den tidigare ståndpunkten vad gäller teorin om *conceptual change* menade Strike och Posner (1992) att man i för stor utsträckning hade bortsett från sociala och affektiva aspekter. De menade att man kunde tala om en förändring av den lärandes *conceptual ecology* snarare än att beskriva lärandeprocessen som *conceptual change*. För att förbättra elevers naturvetenskapliga förståelse krävs en fullständig förändring av naturvetenskaplig undervisning. Joan Solomon (1994a) uttryckte en viss pessimism om möjligheten att kunna göra det inom ramen för en konstruktivistisk lärandeteori medan exempelvis Wandersee, Mintzes och Novak (1994) såg optimistiskt på möjligheterna.

Begreppsforskningen utgick inledningsvis från ett strikt konstruktivistiskt perspektiv. Emellertid var detta perspektiv otillräckligt för att beskriva lärande och undervisning, vilket lett till att tillämpandet av socialkonstruktivistiska och sociokulturella perspektiv enligt Duit och Treagust (1998; 2003). Dessa forskare hör till dem som i ett flertal artiklar diskuterat vad beteckningen *conceptual change* står för. De menar att det innebär att den lärande människans begrepps-förståelse inom en domän måste genomgå en grundläggande omstrukturering för att kunna uppnå avsedd förståelse.

Enligt den klassiska modellen för undervisning för att uppnå begrepps-förändring skulle läraren utgå från och utmana elevernas alternativa föreställningar. Det visade sig dock att sådan undervisning inte ledde till den naturvetenskapliga förståelse som hade åsyftats. Duit och Treagust (2003) säger sig dock vara övertygande om att undervisning för begrepps-förändring (*conceptual change*) är bättre än traditionell undervisning. Framgången med denna undervisningsmodell är dock helt beroende på hur den används i undervisningen. Bland annat har man många gånger bortsett från att lärandet är starkt förknippat med själva läromiljön som kan vara ett stöd för lärandet. Forskningen har också visat att

affektiva faktorer som exempelvis intresse, attityder och motivation i hög grad påverkar lärandet och begreppsförståelsen (Duit & Treagust, 2003).

Begränsningen av forskningen om begreppsförståelse har ofta bestått i att man endast har sett till det rena ämneskunnandet. Man har i liten utsträckning tagit hänsyn till elevers syn på naturvetenskap och naturvetenskapligt kunskande. Fensham (2001) hävdar att studier av elevers alternativa föreställningar ofta gäller enstaka begrepp, som behandlas isolerade från sitt sammanhang. Han har funnit mycket få studier som gällt elevers förståelse av exempelvis strålningsrisker, biodiversitet och växthuseffekten, där de naturvetenskapliga begreppen används i ett sammanhang, som har en tydlig samhällsanknytning. Ett forskningsprojekt vid Göteborgs universitet om elevers förståelse av växthuseffekten är ett exempel på en sådan studie som Fensham efterfrågar (Andersson & Wallin, 2000).

Forskningen om begreppsförståelse var från början mycket individuellt inriktad. På 1990-talet har forskningen tenderat att i allt större utsträckning utnyttja både individuella och sociala aspekter på lärande i naturvetenskap (Duit & Treagust, 1998). Barns lärande i naturvetenskap sker inte genom en förändring av förståelsen vid ett tillfälle som resultat av en kognitiv konflikt utan detta är en kontinuerlig förändring under inflytande av vardagserfarenheter. Elever kommer inte att lära sig naturvetenskapliga begrepp på ett framgångsrikt sätt om de inte också är medvetna om förändringen av deras föreställningar (Vosniadou & Ioannides, 1998).

Hewson (1981) menar att då en elev tillägnar sig en föreställning om ett naturvetenskapligt begrepp utan att uppleva att detta konkurrerar med en befintlig föreställning, kan dessa föreställningar förekomma sida vid sida. Detta kallar Hewson *conceptual capture* till skillnad från *conceptual change* som innebär att den gamla föreställningen byts ut mot en ny.

Duit och Treagust (2003) anser att forskning och undervisning i anslutning till begreppsförändringsmodellen bidrog på ett påtagligt sätt till en förbättring av naturvetenskaplig undervisning under 1980- och 1990-talen. Emellertid finns det begränsningar och ensidighet som man måste komma till rätta med. Åtskilliga författare har påpekat betydelsen av affektiva faktorer när det gäller att utveckla förståelse i naturvetenskap (Sinatra & Pintrich, 2003). Detta gäller särskilt sådant som har att göra med motivation, attityder och intresse liksom det som rör intentioner, syfte och mål med naturvetenskaplig undervisning. Ett steg i denna riktning är utvecklingen av en socialkonstruktivistisk syn på undervisning och lärande som resulterar i en mer mångsidig forskningsansats. Undervisnings- och lärandeprocesser är så komplexa att man behöver utgå från olika forskningsperspektiv för att förstå lärande i olika klassrumssituationer.

Naturvetenskapens karaktär (The nature of science)

När *American Association for the Advancement of Science* skulle skriva rekommendationer för undervisning i naturvetenskap, valde man att inleda med ett kapitel om naturvetenskapens karaktär i boken *Science for All Americans* (AAAS, 1990). Man ville därmed understryka vikten av kunskap inom detta område. Didaktisk forskning har visat att en lärande människas förståelse av naturvetenskapens karaktär och särart underlättar ett framgångsrikt lärande om naturvetenskapliga fenomen (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996). Driver et al. (1996) menar att sådan kunskap också är en viktig del av naturvetenskaplig allmänbildning (science literacy). Den kan vara den enskilde samhällsmedborgaren till hjälp både för att förstå vardagsfenomen och för att göra ställningstaganden i samhällsfrågor med naturvetenskapliga inslag som inte sällan gäller moraliska och etiska aspekter. Det behövs också kunskap om naturvetenskapens karaktär för att kunna förstå naturvetenskapens bidrag till vår kultur.

Under 1990-talet genomfördes ett forskningsprojekt i England om hur elever i skolan utvecklar förståelse av naturvetenskapens karaktär (Driver et al. 1996). Som ett resultat av detta forskningsprojekt konstateras bland annat att elever har en tendens att beskriva syftet med naturvetenskaplig forskning som att det handlar om att lösa tekniska frågeställningar snarare än att ge acceptabla förklaringar av naturvetenskapliga fenomen. Många elever menar att en vetenskaplig undersökning endast handlar om att göra observationer medan andra elever i alla åldrar ser undersökningen som ett sätt att göra generaliseringar med utgångspunkt från gjorda observationer. I sällsynta fall beskriver 16-åringar den vetenskapliga undersökningen som ett sätt att testa modeller och teorier. Den stereotypa beskrivningen av forskaren som yngre elever ger uttryck för, ersätts bland elever på sekundärnivå av en beskrivning av forskaren som engagerad i viktiga samhällsfrågor. De allra flesta eleverna oavsett ålder har förståelsen att forskarna arbetar var och en för sig och inte i gemensamma projekt. Eleverna har mycket liten kunskap om sociala förhållanden inom forskarsamhället. De har också liten kunskap om att ställningstaganden inom forskarvärlden många gånger påverkas av beslut inom andra delar av samhället. En vanlig åsikt bland eleverna är att forskaren oegennyttigt valt att arbeta med forskning som rör särskilda samhällsproblem (Driver et al. 1996). I sina rekommendationer gällande innehållet i framtidens naturvetenskapliga undervisning anser Millar och Osborne (1998) att det behövs undervisning om det interna sociala samspelet inom forskarsamhället. En sådan undervisning ger elever en viss förståelse av hur en forskningsprocess går till, bland annat hur vetenskapliga resultat granskas och testas innan de accepteras och offentliggörs.

Forskning har alltså visat att elevers och lärares syn på naturvetenskap inte alls stämmer överens med forskarsamhällets syn. Abd-El-Khalick och Lederman (2000) har gjort en uppföljning av effekten av kompetensutveckling av lärare med fokus på naturvetenskapens karaktär. De konstaterade att även om lärare genomgick kompetensutveckling för att bättre kunna undervisa om naturvetenskapens karaktär (nature of science), så använde de sig inte av dessa nya erfarenheter under lektionerna i naturvetenskap. Abd-El-Khalick och Lederman (2000) ansåg att det var viktigt att forskning ägnades åt detta problem. Man menade att det kunde finnas möjligheter att introducera delar av naturvetenskapens historia och filosofi (HOS) för att därigenom öka förståelse av naturvetenskapens särart (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

De fann lite forskning publicerad som handlade om värdet av att utnyttja inslag från naturvetenskapens historia vid undervisning om naturvetenskap i lärarutbildning och lärarfortbildning. Eftersom det visat sig framgångsrikt att utnyttja exempel från vetenskapens historia vid undervisning om naturvetenskapliga fenomen, så skulle det också vara möjligt att utnyttja sådana exempel vid undervisning om naturvetenskapens natur. De menade att en sådan forskning skulle inte gälla allmänpedagogiska frågeställningar utan frågeställningar som handlar om ämnesdidaktisk kompetens som internationellt benämnes *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) (Shulman, 1987; Zetterqvist, 2003).

Ett forskningsprojekt organiserades av Abd-El-Khalick och Lederman. Universitetsstudenter inbjöds att delta i en 10 veckors undervisningssekvens om naturvetenskapliga historiskt sett banbrytande insatser. De undervisande professorerna vinklade sin undervisning på ett sådant sätt att den berörde naturvetenskapens särart. Deltagarna genomgick enkätundersökningar före och efter undervisningssekvensen. Professorer och studenter intervjuades. Studien visade att det inte fanns något som helst stöd för antagandet att undervisning med utgångspunkt från naturvetenskapens historia skulle ha någon större inverkan på personers syn på naturvetenskapens särart. Det visade sig vara svårt för de studenter att växla kontext från nutid till dåtid och sedan tillbaka till nutid. Abd-El-Khalick och Lederman (2000) menar att det behövs omfattande forskning gärna i autentisk undervisningsmiljö för att hitta metoder att framgångsrikt genomföra undervisning som utvecklar individers syn på naturvetenskap. Här rör det sig om annan form av lärande än den som omfattar förståelse av naturvetenskapliga begrepp.

Fenomenografi och variationsteori inom lärandeforskning

Under Ference Martons ledning har utvecklats en forskningsinriktning, fenomenografi, som ser lärande som en förmåga att erfara världen. Marton och Booth (1997; 2000) menar att fenomenografins grundenheter är ett sätt att erfara någonting och att forskningens objekt är variationen i sätt att erfara specifika fenomen. Fenomenografisk forskning ägnar sig alltså åt studier av kvalitativt olika sätt att erfara världen. För att erfara något behöver man urskilja delar, helheter, aspekter och relationer. Villkoret för att kunna urskilja något är att man erfår variation vad gäller fenomenet i fråga.

Lena Renström publicerade 1988 en fenomenografisk avhandling om elevers uppfattningar om materiens byggnad. Hon intervjuade 13–16-åriga elever om fasta, flytande och gasformiga ämnen och vad som hände med dessa ämnen i olika situationer. Som ett resultat av analyser av dessa intervjuer, kunde Renström särskilja sex kvalitativt olika kategorier av uppfattningar om materiens natur. Ett annat område som varit föremål för didaktisk forskning med fenomenografisk ansats är elevers och lärares uppfattningar om mol-begreppet (Strömdahl, Tullberg & Lybeck, 1994; Tullberg, Strömdahl & Lybeck, 1994; Strömdahl, 1996; Tullberg, 1998). I en serie av empiriska undersökningar har man här kartlagt elevers, lärarstuderandes och lärares uppfattningar om enheten 1 mol. Denna enhet är central vid den kvantitativa behandlingen av kemiska reaktioner och en stöttesten för många elever. Aina Tullberg (1998) genomförde en intervjuundersökning av trettio gymnasieelever och 28 kemilärare om begreppet 1 mol. Det visade sig att eleverna inte kunde relatera molbegreppet till andra naturvetenskapliga begrepp. Deras bristande begreppsförståelse hänger troligen samman med de undersökta lärarnas begreppsförståelse och undervisning. Lärarnas sätt att berätta om molbegreppet för eleverna var starkt beroende av deras egen tolkning av begreppet. Intervjuerna med lärarna kunde fördelas på fyra kategorier av uppfattningar. Endast en av kategorierna behandlade molbegreppet enligt gängse vetenskaplig definition.

Inom fenomenografin har utvecklats en teori för lärande, variationsteorin. Urskiljning, samtidighet och variation är centrala begrepp inom denna teori. Variation är en förutsättning för att någon aspekt av ett fenomen ska kunna urskiljas. Detta innebär också samtidig närvaro av olika dimensioner av fenomenet i vårt medvetande (Bowden & Marton, 1998). Britta Carlsson använde sig av denna variationsteori i sin studie av ekologisk förståelse (Carlsson, 1999; 2002a; 2002b).

I ovanstående publikationer redovisar Carlsson intervjuer av lärarstuderande gällande deras relation till natur genom att de fick ta fotografier ute i naturen som sedan är utgångspunkt för den första intervjun. Den andra intervjun gäller studenternas förståelse av hur ett ekosystem fungerar. De får i samband med intervjun bygga ett slutet ekosystem i en stor glasburk. Den tredje intervjun gäller vad människor skulle kunna behöva i ett rymdskepp som givit sig iväg på en mångårig rymdfärd. Resultatet redovisas som kvalitativt olika sätt att tänka om fotosyntes, kretslopp och energi samt om sin relation till naturen. Carlsson finner stöd för uppfattningen att människa–natur–relationen och ekosystemkunskapen är helt åtskilda på individnivå. I Carlssons avhandling har vygotskianskt tänkande präglat genomförandet av intervjuerna. Ett annat exempel på forskning där den teoretiska ramen för forskningsprojektet utgöres av fenomenografisk ansats och vygotskiansk teori är Dimenäs avhandling om grundskoleelevers lärande om kemisk reaktion (Dimenäs, 2001).

Tillämpningen av vad man skulle kalla en fenomenografisk ansats kan variera vilket bland annat framkom vid ett symposium vid ESERA-konferensen i Tessaloniki 2001 (Buck et al. 2003). Deltagarna i symposiet redovisade väldigt olika forskningsprojekt om lärande och undervisning: om fysikaliska fenomen inom ungdomsskola och på universitet, i kemi på sekundärnivå samt om lärarstuderandes uppfattning om undervisning i naturvetenskap. De frågor som stod i fokus var om det är riktigt att låna fenomenografiska forskningsmetoder för att använda dem i icke fenomenologiska forskningssammanhang, samt om man kan byta ut begreppet erfarenhet mot förståelse eller mot uppfattning. En annan fråga gällde säkerställandet av validitet inom fenomenografisk forskning.

Under de senaste åren har det utvecklats ett förnyat intresse för forskning om undervisning där man utgår från ett variationsteoretiskt perspektiv (Marton & Tsui, 2004), vilket kommer att behandlas nedan i avsnittet om forskning om undervisning.

Samhällskritisk forskning

Påståendet att vetenskaplig kunskap karakteriseras av objektivitet och opartiskhet bortser från det faktum att naturvetenskaplig kunskap och praktik gynnar samhällets maktstrukturer. Vissa elever kommer att ha möjlighet att utnyttja dessa maktstrukturer, andra har det inte (Barton & Yang, 2000). Elever behöver lära sig hur de kan delta i det vetenskapliga samtalet men också att ifrågasätta maktfördelningen i samhället. Det finns en växande grupp samhällskritiska forskare inom Na-didaktiken som försöker förstå sambandet mellan ovanstående

maktstrukturer och hur dessa påverkar samhällsmedborgarna. En av dessa forskare är Angela Barton som arbetat med forskning ur ett samhällskritiskt och feministiskt perspektiv bland utsatta familjer i Texas och New York City (Barton, 2003). Dessa forskare verkar för ett rättvisare samhälle där alla har möjlighet att delta i samhällsdebatten, som i många fall kräver kunskaper i naturvetenskap.

Ovanstående forskning utnyttjar ofta en etnografisk/sociologisk forskningsdesign i sin strävan att upptäcka och analysera förhållanden som gäller maktfördelningen i skolan. Denna forskning påminner mycket om Glenn Aikenheads studier av elevers väg från familjens till naturvetenskapens subkultur. Läraren (*culture-broker*) har till uppgift att underlätta denna förflyttning (*border-crossing*) som eleven kan vara med om (Aikenhead, 1996). Också Joan Solomon har i ett intressant forskningsprojekt studerat en sådan förflyttning (*border-crossing*) hos yngre elever. Hon följde elevernas genomförande av enkla naturvetenskapliga experiment både i hemmet och i skolan för att få en bild av förhållandet mellan hemmets och skolans kultur. Solomon pekar på betydelsen av att man i skolans undervisning tar hänsyn till kulturskillnader som råder mellan hem och skola (Solomon, 2003).

Barton och Yang (2000) redovisar en fallstudie som handlar om Miguel, en 26-årig puertorican, hans fru och deras två barn, som bor i en kåkstad för hemlösa i utkanten av New York City. Fastän Miguel som pojke visade prov på framgång i sina naturvetenskapliga studier, hade varken hans föräldrar eller hans lärare uppmuntrat honom att studera vidare. Han tyckte att skolan var bortkastad tid och slutade i förtid för att arbeta som målare. Naturvetenskaplig undervisning bedrevs på ett traditionellt, väl strukturerat sätt som inte lämnade något utrymme för Miguels intresse. I kontrast till detta hade Miguel upplevt mycket uppskattning för sitt kunnande inom scoutrörelsen. Där fick han ytterligare undervisning och stimulans vilket gjorde att han fortsatte att förkovra sig genom självstudier, vilket lade grunden till framgångsrik bisyssla som affärsman. Barton och Yang menar att Miguel aldrig förstätt hur han skulle lära sig att förstå den rådande kulturen inom naturvetenskap och skola. Maktkulturen avgör om någon ska kunna ta del i den rådande subkulturen. Hemmets och skolans kulturer är olika. Det gäller att finna vägar att värdera båda. Barton och Yang (2000) menar att det behövs mer forskning om dessa kulturer för att alla elever ska kunna bli delaktiga i en naturvetenskaplig allmänbildning.

Feministisk forskning har spelat en viktig roll inom samhällskritisk Na-didaktisk forskning (Brickhouse, 2001). Denna forsknings fokus på rättvise- och jämställdhetsfrågor har haft stor betydelse för att bryta mansdominansen såväl inom naturvetenskapen som inom naturvetenskapens didaktik. På 1980-talet kom feministiska epistemologier att bli en integrerad del av den feministiska Na-

didaktiska forskningen. Kritik riktades särskilt mot de dualistiska inslagen i de rådande epistemologierna som kultur och natur, objektivitet och subjektivitet, förnuft och känsla, själ och kropp, maskulin och feminin. Brickhouse menar att denna dualism påverkade det sätt på vilket naturvetenskaplig undervisning organiserades och presenterades. Naturvetenskapen presenterades utifrån de ideal som en vit man från västra halvklotet stod för.

Brickhouse (2001) anser att feministiska forskare har skrivit jämförelsevis lite om lärande. Har det skrivits något om lärande så har det gjorts utifrån ett gängse konstruktivistiskt perspektiv. Hon menar dock att en förändring är på gång som innebär att man i sin forskning utnyttjar ett perspektiv hämtat från forskning om situationsbundet lärande (situated cognition). Man ska inte bara fokusera innehållet i skolans styrdokument och hur detta innehåll ska hanteras utan också beakta hur lärande i naturvetenskap ska förbättra elevernas förmåga att använda sitt kunnande genom deltagande i olika samhällsfunktioner (Wenger, 1998). Brickhouse redovisar en analys av feministisk forskning i relation till ett sociokulturellt lärandeperspektiv, till Deweys pragmatism samt i relation till en mer traditionell syn på lärande. Hon avslutar sin analys med följande programförklaring:

The challenge for educators is not for enculturing students into existing scientific practices, but rather for educating students so that they may participate in the project of shaping the character of science for the improvement of society (Brickhouse, 2001, s. 293).

Skulle man följa denna programförklaring, kan feministisk forskning också bidra till en bättre kunskap om de elevers lärande som kommer från en hemmiljö där man är främmande för den traditionella synen på naturvetenskaplig kunskap.

Språkets betydelse för lärande i naturvetenskap

Ett övergripande mål med naturvetenskaplig undervisning är att hjälpa eleverna att ge uttryck för en förståelse av olika sätt att se på naturvetenskap med utgångspunkt från ett äldre traditionellt, från ett samtida eller från ett postmodernt perspektiv. Det skrivna språket har spelat stor roll för utbytet av erfarenheter forskare emellan i dag såväl som i gången tid.

Naturvetaren ser ofta språket som en integrerad del av forskningsprocessen och av arbetet med att delge sina resultat till andra i forskarsamhället, Man upplever att skrivandet också ger möjlighet till reflektion över vad man skrivit. Detta kan också innebära en bedömning och utvärdering av forskningsresulta-

tet, vilket får betydelse för den efterföljande forskningen (Yore, Bisanz & Hand, 2003).

Det har blivit allt viktigare att ge elever i skolan en framtidsberedskap för att kunna delta i den offentliga debatten som gäller naturvetenskapliga och tekniska frågor. Detta har också medfört att didaktisk forskning i allt högre grad fokuserat förmågan att i tal och skrift kunna diskutera naturvetenskapliga frågeställningar och språkets betydelse både som uttrycksmedel och som ett sätt att utveckla förståelse (Lemke, 1990; Wellington & Osborne, 2001).

Naturvetenskaplig undervisning har många gånger gått ut på att eleverna ska använda sig av ett språkbruk som de kan uppleva vara främmande i jämförelse med vardagsspråket (Lemke, 1990). Detta innebär att elever får uppfattningen att texter om naturvetenskapliga fenomen egentligen bara riktar sig till specialister. Clive Sutton (1998) har i sin forskning funnit att det är viktigt att elever får uppleva att språket spelar en viktig roll för deras eget lärande och som ett sätt att tala om naturvetenskapliga fenomen och idéer. De bör i större utsträckning få möta naturvetenskapliga föreställningar som ett resultat av forskares tänkande ofta i kontroverser med andra forskare snarare än som fakta och sanning. Det kan gärna ske i form av en kritisk diskussion av en berättelse (*story*) om hur upptäckten gjordes och beskrevs. Ett sådant arbetssätt kräver ett mera flexibelt sätt att lägga upp undervisningen och kan också innebära experimentella undersökningar. Läraren behöver vara förtrogen med olika sätt att presentera forskning, till exempel i form rollspel eller genom att låta elever i tal och skrift beskriva forskning för olika målgrupper.

Språket som används i naturvetenskap har sitt ursprung i människors personliga sätt att uttrycka sig. Det har sedan utvecklats mot ett objektiva uttrycksätt där den personliga dimensionen är avskalad vilket kan kännas främmande för eleverna. Det är viktigt att elever är medvetna om att forskares språk är ett resultat av mänskligt tänkande och att de får uppleva vilken betydelse språket har för deras eget lärande (Sutton, 1998).

Yore et al. (2003) menar att didaktisk forskning under perioden 1978–1993 historiskt sett karakteriseras av en utveckling bort från mera reduktionistiska influenser och mot en forskning med mer mångfacetterade perspektiv med bland annat lingvistiska, kontextuella och sociokulturella influenser. Lemke (1990) presenterade exempelvis nya perspektiv vad gäller analys av den diskurs som råder under lektioner och laborationer i naturvetenskapliga ämnen. Han pekade på samtalets och det sociala samspelets betydelse för lärande i naturvetenskap.

Intresset för språkets betydelse för elevers lärande i naturvetenskap har också inneburit en kritisk analys av ämnesinnehåll och språk i läroböcker. En sådan

analys visar bland annat att läroböcker har stor inverkan på vad undervisningen kommer att handla om. Det är också stor variation i språkets begriplighet i läroböckerna där argument och förklaringar framförs på ett mera traditionellt sätt. Även om lärarna var positiva till användandet av läroböcker, ägnade de lite tid att stärka elevernas förmåga att förstå naturvetenskapliga texter. Problemet är också att det som elever möter i läroböcker inte tar upp den process som föregick den upptäckt av ett naturvetenskapligt fenomen som läroboken beskriver (Yore et al. 2003).

Skrivandet i naturvetenskaplig undervisning har ofta dominerats av kunskapsredovisning i olika former. Detta har sedan utnyttjats för bedömning och utvärdering av elevers kunskande samt av kvaliteten på den genomförda undervisningen. Ett mera processorienterat skrivande innebär en fortlöpande dokumentering av den skrivandes tänkande t. ex. gällande ett naturvetenskapligt sammanhang. Skrivandet blir därigenom en integrerad del av läroprocessen (writing-to-learn). En sekvens av sådant skrivande kan med framgång genomföras i form av loggboks- eller dagboksskrivande som också ger goda möjligheter till reflektion. Det metakognitiva inslaget bidrar till utvecklingen av en fördjupad förståelse av naturvetenskapliga fenomen och processer. Yore et al. (2003) anser att forskning har visat att också ett mera processorienterat skrivande utvecklar elevers ordförråd och kunskande i grammatik liksom deras förmåga vad gäller stavning och punktering. Av Wynne Harlens (1999) forskningsöversikt framgår det att forskning har visat att det finns ett dilemma vad gäller det fria skrivandet i naturvetenskap. Elever som får till uppgift att skriva fritt i naturvetenskap tappar lätt fokus på de idéer som skrivandet skulle behandla. Genom varsam handledning kan elevers skrivande i naturvetenskap bli mer fokuserat (Harlen, 1999).

Newton, Driver och Osborne (1999) konstaterade att mindre än 50 procent av lektionstiden i naturvetenskap användes till diskussioner. Det var i stället läraren som talade. Om diskussion förekom så gällde det mestadels samtal mellan två elever. Forskning har visat att undervisning med ett stort inslag av tvåvägskommunikation och diskussioner bidrar till ett framgångsrikt lärande i naturvetenskap (Solomon, 1998; Ritchie & Tobin, 2001). Det finns åtskilliga strategier för att stödja elevers samarbete och meningsutbyte i mindre grupper som kritisk granskning av texter och gemensamt utarbetande av begreppskartor (Wellington & Osborne, 2001). Det påpekas i Wynne Harlens forskningsöversikt att samarbete i grupp inte i sig leder till framgångsrikt lärande. Det måste finnas en tydlig struktur som underlättar elevernas reflektioner (Harlen, 1999). Diskussioner i mindre grupper i samband med ett strukturerat skrivande har visat sig ge bäst resultat enligt Rivard och Straw (2000) som också hävdar att samtalen till

stöd för skrivande och lärande i naturvetenskap är speciellt betydelsefullt för lågpresterande elever. Forskning har visat att en medveten satsning på att öka förståelsen i samband med läsning av naturvetenskapliga texter också ökar elevers metakognitiva förmåga vilket i sin tur har betydelse för elevernas studieframgång (Spence, Yore & Williams, 1999). Det var en signifikant skillnad till flickornas förmån vad gäller utnyttjandet av den metakognitiva förmågan. Denna studie visar att de lågpresterande eleverna gynnades mest av den medvetna satsningen på att öka läsförståelsen. Man understryker den sociokulturella kontextens betydelse särskilt vad gäller lärarens roll att ge stöd och uppmuntran för att eleverna ska uppleva rimlig framgång som ett resultat av sina ansträngningar.

Yore et al. (2003) pekar på tre viktiga trender vad gäller forskning om läsning av naturvetenskapliga texter. En trend är att det inte längre bara gäller läsande av läroböcker i naturvetenskap även om läroboksforskning fortfarande förekommer. I stället gäller forskningen läsning av rapporter om naturvetenskaplig och medicinsk forskning i media. Mycket forskning ägnas att studera den roll Internet spelar och elevers läsande av det stora utbud av texter som Internet erbjuder (Brehm, Russell & Werms, 2001). En annan trend är att forskning alltmer fokuserar den roll naturvetenskapliga dokument spelar i samhällslivet. En tredje trend gäller forskning om förhållandet mellan naturvetarens och allmänhetens sätt att ge uttryck för en naturvetenskapliga allmänbildning.

Vid beskrivning av naturvetenskapliga fenomen i tal och skrift utnyttjas modeller för att förstå och kommunicera naturvetenskapliga fenomen. Forskning om modeller och modelltänkande i naturvetenskaplig undervisning har varit betydande (Gilbert & Boulter, 1998). En enskild människa kan skapa mentala representationer av en idé, ett föremål, ett skeende, en process eller ett system. En modell kan betraktas som ett mellanting mellan en teoris abstraktioner och ett konkret skeende till exempel under en laboration. Bland annat kan modellen vara en hjälp att formulera förutsägelser, organisera en undersökning, summera data, styrka ett resultat samt underlätta kommunikation (Gilbert & Boulter, 1998). Scott, Driver, Leach & Millar (1993) har visat att barn använder sig av modeller i tidig ålder för att bättre förstå naturvetenskapliga fenomen. Genom modellen byggs en bro mellan teori och handling och man förstår att teorin både kan testas empiriskt och kanske användas i olika sammanhang. Elevers syn på modellers natur kan få en avgörande betydelse för hur man lär. Elby och Hammer (2001) diskuterar betydelsen av att de lärande ser modeller som föränderliga och utvecklingsbara beskrivningar av den verkliga världen och inte som fixerade sanningar.

Forskning har visat att studenters och elevers användning av mentala modeller är kontextberoende. Även om den lärande människan tillägnat sig en modell

för att beskriva materiens natur, så använder hon sig av den endast i vissa sammanhang (Eskilsson, 2001; Kärrqvist, 1985; Redfors & Ryder, 2001). Elever tycks också inledningsvis föredra att använda sig av mindre abstrakta förklaringsmodeller. Det har också visat sig att de mentala modeller som individen skapat är mycket resistent mot förändring. I stället för att ersätta den befintliga modellen så innebär lärande att individer utökar sin repertoar av modeller och föreställningar och att flera modeller kan komma att användas av samma person (Taber, 2000).

Modeller spelar en stor roll i naturvetenskaplig undervisning. Deras stora värde är att de möjliggör tolkning och beskrivning av föreställningar, objekt, skeenden, processer eller system som kan vara av komplex natur (Gilbert & Boulter, 1998). De kan göras synliga och därmed lättare att förstå i form av konkreta föremål, bilder eller andra visualiseringar. Datoranvändning ger stora möjligheter att utnyttja modeller för att stödja elevers lärande i naturvetenskap (Snir, Smith & Raz, 2003). Se under forskning om undervisning i naturvetenskap.

Forskning om attityder och vad som påverkar dem

Lärande och undervisning handlar inte bara om det kognitiva utan även om känslor av olika slag. Att lära innebär att flytta sig från det välkända till det okända, att ta sig fram på ett gungfly som väcker känslor av framgång eller tvivel och som samtidigt danar identiteten (Hargreaves, 1996). Å ena sidan kan känslorna ta överhanden så att lärandet omöjliggörs eller som Claxton (1989) uttrycker det ”*Cognition doesn't matter if you're scared, depressed or bored*”, å andra sidan kan de skapa självförtroende, entusiasm och lust att lära. Trots att andra discipliner länge har sett känslor som centrala i lärandeprocessen är sådana studier inte vanliga inom naturvetenskaplig utbildning. Skälen till detta kan vara många men beror säkert också på den ursprungliga bilden av naturvetenskap som objektiv och fri från värderingar (Alsop, 2003). Däremot finns det gott om studier om ungdomars attityder till naturvetenskap men enligt Ramsden (1998) har antalet artiklar inom detta område markant minskat sedan mitten på 1970-talet. Skälet till detta kan vara att alla studier lett till samma resultat som man, trots många försök, inte kunnat göra något åt eller också kan det vara bristen på gemensamma begrepp och metoder. Detta kan kanske vara skälet till att den affektiva delen av lärande inte fick ett eget kapitel i *International Handbook of Science Education* (Fraser & Tobin, 1998). Denna del av översikten bygger i stället på andra internationella forskningsöversikter (Gardner, 1975; Schibeci, 1984; Simpson, Koballa, Oliver & Crawley III, 1994; Osborne, Simon & Collins, 2003) gjorda med 10 års mellanrum. I dessa översikter identifieras ett stort antal faktorer som påverkar elevers attityder till naturvetenskap. I redovisningen grupperas dessa i kön, kognitiva faktorer samt faktorer i och utanför skolan. Redovisningen belyser främst attityder till naturvetenskapen i allmänna skolväsendet eftersom det är under dessa år ungdomarna gör sitt vägval. Eftersom kulturella skillnader är viktiga lyfts speciellt svenska och nordiska studier fram.

Varför bry sig om ungdomars attityder till naturvetenskap?

Under de senaste 30–40 åren har studier som fokuserar ungdomars inställning till att välja naturvetenskap, när en sådan möjlighet ges, varit ett självständigt forskningsfält inom Na-didaktiken. Betydelsen av denna forskning betonas

allt mer eftersom ungdomars intresse att välja en sådan karriär är i avtagande. Annan forskning visar en stor okunnighet hos allmänheten när det gäller naturvetenskapliga frågor. Dessa två erfarenheter kombinerat med vetskapen om den ekonomiska nyttan av naturvetenskaplig kompetens har fört frågan om ungdomars attityder till naturvetenskap upp på den politiska och samhälliga arenan (Osborne, Simon & Collins, 2003). Problematiken är densamma i många länder och inom EU (2004) har man tagit fram en handlingsplan *Science and Society* för att på olika sätt försöka öka intresset för naturvetenskap.

Den svenska regeringen har under en 10-årsperiod satsat miljoner i NOT-projektet för att öka ungdomars intresse för naturvetenskap och teknik. Projektets utgångspunkter är både samhällets behov av naturvetare och tekniker och behovet av allmänbildning i naturvetenskap och teknik. Under de senaste åren har ungdomars intresse att välja naturvetenskapligt eller tekniskt program på gymnasiet stadigt minskat och utgjorde hösten 2003 endast ca 16 procent av årskullen (Skolverket, 2003a). En grupp som länge har uppmärksamats för att öka rekryteringen är flickorna. Under årens lopp har många kampanjer genomförts, först för att förmå flickorna att välja otraditionellt och senare för att förändra undervisningen så att den möter både flickors och pojks behov och intresse (Lindahl, 2003). Andra viktiga faktorer är betydelsen av social och kulturell bakgrund. Enligt Svensson (2001) förblir den sociala snedrekryteringen till gymnasiet stor och oförändrad. 1998 valde ca 75 procent av eleverna från socialgrupp 1 ett studieinriktat program på gymnasiet. Motsvarande siffra för socialgrupp 2 och 3 var 50 respektive 25 procent. Ser man till naturvetenskapligt program är den sociala snedrekryteringen ännu större.

Även om antalet sökande till högskolan är ungefär dubbelt så stort som antalet platser har det på senare år blivit allt svårare att fylla utbildningsplatserna på många utbildningar inom naturvetenskap och teknik. Detta är problematiskt eftersom Sverige redan har lägst andel som antas till högskoleutbildning, lägst andel 25–34-åringar med högskoleexamen, lägst andel utexaminerade från tekniska och naturvetenskapliga utbildningar och lägst tillgång på kvalificerad arbetskraft i en jämförelse med USA, Danmark, Nederländerna, Tyskland, Frankrike, Storbritannien och Japan (Finansdepartementet, 2000). Även inom högskolan är snedrekrytering ett problem.

Vad menas med attityder till naturvetenskap och hur mäts de?

Enligt Gardner (1975) måste man först göra en klar distinktion mellan *scientific attitudes* och *attitudes towards science*. Det första begreppet är de egenskaper

som en naturvetare behöver ha för att göra ett bra jobb, sådana egenskaper som logisk förmåga, öppenhet, ärlighet, kritiskt tänkande. Andra bra egenskaper är längtan efter att få veta och förstå, ifrågasättande, nyfikenhet men också ett intresse för sociala och etiska frågor. Det andra begreppet handlar om känslor och värderingar till olika naturvetenskapliga företeelser och det är denna del som diskuteras i fortsättningen.

Ett stort problem inom forskningen om attityder är att det man mäter kan vara vitt skilda saker som vad man tycker om undervisning, lärare, ett specifikt innehåll eller hela ämnet eller ämnesblocket till om man kommer att välja en sådan kurs eller utbildning (Lindahl, 2003). Attityder kan också vara den glädje, självkänsla eller ångest eleven känner inför naturvetenskap, de signaler föräldrar, vänner men också klassrummet sänder eller helt enkelt hur bra man lyckas i studierna (Osborne, Simon & Collins, 2003).

Ett annat problem är att det inte finns något självklart samband mellan elevens attityder och hur hon agerar eller väljer. Detta leder i sin tur till att det snarare är beteendet än attityden som hamnar i fokus. Utifrån en genomgång av forskningen om sambandet mellan attityder och beteende i naturvetenskap finner Shrigley (1990) fem olika modeller som används. Dessa modeller är att attityden föregår och ger beteendet, att attityd och beteende är samma sak, att attityd inte är direkt relaterad till beteende utan till en intention att göra något, att attityd är ett resultat av beteendet och att attityd och beteende påverkar varandra ömsesidigt. Många studier om attityder till naturvetenskap utgår från den tredje modellen som bygger på *Theory of reasoned action* (Ajzen & Fishbein, 1980) och *Theory of planned behavior* (Ajzen, 1985). Dessa teorier kan enkelt sammanfattas med att en persons intention att agera i en viss riktning ökar om individen har en positiv attityd till detta beteende, om individen tror att de som står en nära föredrar detta beteende och om individen tror sig ha förmåga och möjlighet för beteendet. Som bakgrundsfaktorer finns i sin tur sådana variabler som ålder, kön, personlighet, social och kulturell bakgrund. Shrigley (1990) förordar själv den femte modellen som kan beskrivas som en oändlig spiral där attityden påverkar beteendet som i sin tur påverkar attityden, vilket innebär att båda relationerna behöver studeras. Om vi som lärare ser denna ändlösa kedja eller spiral så kan vi gå in och bryta den. En positiv påverkan av attityden kan påverka beteendet positivt, vilket i sin tur ger en positiv attityd.

En vanlig mätmetod är att låta eleverna rangordna de olika skolämnena men problemet är den relativa skalan. En elev måste i en sådan rangordning placera något ämne först respektive sist även om hennes uppfattning om dem inte skiljer sig så mycket åt. I stället borde frågan vara ”Hur populära är de natur-

vetenskapliga ämnena jämfört med andra ämnen?” men det är en fråga som sällan har ställts (Osborne, Simon & Collins, 2003). Det vanligaste sättet att mäta attityder är att låta eleverna ta ställning till ett antal positiva och negativa påståenden som ”naturvetenskap är roligt” på ett frågeformulär med en Likertskala. Problemet är att det är omöjligt att tolka värdet av denna mångfald av attityder eftersom objektet för attityden inte är entydigt (Gardner, 1995). Att mäta attityder genom enkäter är ett utmärkt sätt att identifiera problemen men ger inte mycket hjälp att förstå dem, vilket har lett till att man på senare år börjat använda kvalitativa metoder. Sådana studier har begränsad generaliserbarhet men deras rikedom på data verkar kunna ge mer insikt i orsakerna till attityderna (Osborne, Simon & Collins, 2003).

En gemensam slutsats i gjorda forskningsgenomgångar om attityder och intresse kan sammanfattas med att många studier saknar teoretiskt ramverk, använder dåliga mätinstrument, är genomförda under för kort tid och har undermålig design. Förutom bristen på definition av begreppen, tar man inte hänsyn till att begreppen ofta har flera dimensioner, dvs. man skiljer inte på kognitiva, affektiva och intentionella faktorer. Frågorna kan också mäta något annat än vad som avses, att t.ex. frågor som var tänkta att mäta attityder/intresse till naturvetenskap i stället mäter attityder/intresse till att göra karriär inom området. Validitet och reliabilitet diskuteras sällan, kanske beroende på att frågorna läggs till i slutet av en studie bara för att det så ska vara. Många studier är också gjorda omedelbart efter en kortare eller längre experimentsituation och därför vet man inte om uppfattningen är beständig. Ofta glömmer man också att ta hänsyn till andra faktorer som kan inverka på resultatet (Lindahl, 2003).

Vad tycker ungdomarna enligt nationella och internationella studier?

Elevers attityder till naturvetenskap har under senare år redovisats i *Third International Mathematics and Science Study* (TIMSS) 1995 för åk 7, 8 (Skolverket, 1996) och gymnasiets sista årskurs (Skolverket, 1998a). Studien visar att över hälften av eleverna tycker att naturvetenskap och teknik är intressant och viktigt. Pojkarna är generellt mer positiva speciellt till fysik. Det är också flest pojkar som kan tänka sig ett yrke där man använder dessa ämnen. I jämförelsen av kunskaper i naturvetenskap i åk 7 hamnar Sverige i mitten. Bäst är Singapore och bland de sämsta är Danmark. Jämför man detta resultat med hur många elever som tycker om att lära sig naturvetenskap, är 92 procent av eleverna i Singapore positiva, 60 procent i Sverige och 52 procent i Danmark,

dvs. det tycks finnas ett samband mellan kunskaper och intresse. Men det finns undantag: Länder där eleverna har goda kunskaper men är ganska ointresserade. Ett sådant exempel är Japan som kom trea i kunskapsdelen men där endast 56 procent av eleverna uttrycker att de tycker om att lära naturvetenskap (Beaton et al. 1996). Gymnasieeleverna (Skolverket, 1998a) hävdar att för att vara duktig i matematik och naturvetenskap behöver man plugga mycket och ha en stor medfödd begåvning. Dessutom bör man vara beredd att lära sig boken utantill för att lyckas i naturvetenskap.

I projektet *Science and Scientists* (SAS) (Sjøberg, 2002) med data från 21 länder och 9 300 barn i 13-årsåldern får eleverna med en bock markera vad de vill lära mer om i naturvetenskap i skolan. Lusten att lära varierar över världen. Eleverna i Japan är minst intresserade och markerar i genomsnitt 30 procent av alternativen medan barn från utvecklingsländerna i Afrika och Asien markerar ca 80 procent. Eleverna från Norge och Sverige följer direkt efter Japan men med ett intresse på drygt 40 procent. På frågan om naturvetenskap är lätt att förstå så svarar endast 10 procent av de japanska barnen ja medan motsvarande siffra för barnen från utvecklingsländerna är ca 80 procent och de svenska barnen 27 procent. Det verkar finnas ett mönster att de rika ländernas barn är mindre intresserade av naturvetenskap och tycker att det är svårare än barn från utvecklingsländerna. Dessutom är könsskillnaderna ibland de omvända. Det är också intressant att notera att bara drygt hälften av barnen från industrialiserade länder som Sverige och Japan tycker att vetenskap är viktigt för samhället mot nästan alla barn från utvecklingsländerna.

SAS-projektets efterföljare *The Relevance of Science Education* (ROSE) är ett pågående internationellt projekt där forskargrupper tillsammans med enskilda forskare arbetar tillsammans för att utveckla teoretiska perspektiv och mätinstrument samt för att samla och analysera data. Ett nytt frågeformulär har utvecklats och kommer att besvaras av 15-åringar i mer än 40 länder över hela världen. Avsikten med ROSE är inte att testa elevers kunskaper som i andra stora internationella jämförelser utan att öppna upp för en diskussion om kulturella skillnader samt belysa relevansen av naturvetenskaplig och teknisk utbildning i olika sammanhang. Initiativtagare till projektet är Svein Sjøberg vid universitetet i Oslo och mer information finns på projektets hemsida (ROSE, 2004).

Även inom NOT-projektet har man studerat elevers attityder till naturvetenskap och teknik och rapporten från en av studierna har fått det talande namnet *Mer formler än verklighet* (NOT, 1994). Datainsamlingen till denna gjordes genom gruppintervjuer av totalt 161 ungdomar i åk 9 respektive åk 3 på gymnasiet från fem olika orter i landet. Den samlade bilden är att ungdomarna har en positiv grundsyn till naturvetenskap och teknik. Enligt ungdomarna själva är

det just den tekniska utvecklingen vi har att tacka för dagens välfärdssamhälle. Visserligen uppfattas denna utveckling ha haft negativa effekter på till exempel miljön, men å andra sidan menar man också att det bara är ny forskning och ny teknik som kan lösa dessa problem. Synen på undervisningen i naturvetenskap och teknik i skolan är däremot inte lika positiv. Undervisning anknyter för lite till elevernas egna referensramar och många upplever läromedlen och undervisningsmetoderna som otidsenliga.

Lindahl (2003) hävdar i sin avhandling att elever är intresserade av naturvetenskap och teknik men inte lika intresserade som av andra ämnen. Det är dock inte innehållet utan mer undervisningen som gör att de inte är lika intresserade av naturvetenskap som av andra ämnen i skolan. Eleverna förstår sällan meningen med att lära ett visst innehåll, göra en laboration eller vilken betydelse detta har i andra sammanhang och i deras egna liv. De får helt enkelt inte tillräcklig hjälp att se sammanhangen. Men det allra viktigaste är att vi förändrar vårt sätt att genomföra undervisningen. Eleverna önskar en större variation av undervisningen och en möjlighet att få inflytande över sitt eget lärande.

Attityder/intresse och kön

Barton (1998) beskriver hur könsfrågornas fokus har förändrats under åren. Den första vågen visade på att diskriminerande behandling pågick och att flickor aktivt och passivt uteslöts från en numerär jämställdhet inom naturvetenskap och teknik. Lösningen på problemet var att förändra flickorna, inte naturvetenskapen. Nästa våg problematiserade i stället naturvetenskapen. För att få en förändring måste undervisning och innehåll förändras så att flickornas erfarenheter tas tillvara. Sociala och etiska frågor skulle belysas. I den tredje vågen handlar det inte längre enbart om kön utan frågan har blivit trehövdad med kön, ras och klass. Allmänbildning blir en viktig fråga för att varje individ ska kunna påverka och ta ställning. Det handlar om naturvetenskapen i våra liv och den politiska dimensionen ska tydliggöras.

I England har röster höjts att det nu är dags att uppmärksamma pojkarnas sämre prestationer i skolan. I boken *"Failing Boys?"* (Epstein, Elwood, Hey, & Maw, 1998) diskuterar olika författare detta problem. Många påpekar lite ironiskt att pojkarna alltid presterat sämre men att det tidigare aldrig varit ett problem eftersom skälet till pojkars framgång anses ligga i deras intellekt och motgång hos pedagogiken eller läraren. Det motsatta förutsätts gälla för flickorna. Problemet enligt dessa författare, ligger snarare i en maskulin myt att riktiga pojkar inte pluggar. Makt ärver man eller får genom att vara tuff. Att vara

duktig i skolan är inget problem, bara man inte pluggar för att prestera bra. De som gör det, mobbas för att de är feminina.

Även om den sociala hierarkin och skolsystemet är ganska annorlunda i Sverige så har pojkarnas sämre prestationer i skolan låtit tala om sig även här. Enligt Skolverkets databas SIRIS (Skolverket, 2004a) har de numera till och med sämre genomsnittligt meritvärde än invandrarflickorna. Öhrn (2002) kommenterar den svenska debatten med *”Att flickorna är betygsmässigt mer gynnade blev känt under den tid då debatten fokuserade deras underordning i skolan. Det är därför möjligt att flickors bättre betyg därmed inte sågs som ett hot mot pojkarnas position i skolan på det sätt som blir fallet i relation till dagens könsdebatt (s. 76)”*. Hon beskriver också den ”nya” flickan som träder fram i forskningen, en akademiskt välintegrerad mellanskiktss flicka. Men det finns också andra mönster i form av företrädesvis arbetarflickor som protesterar mot skolauktoriteten. Hon säger också att det finns en skevhet i diskussionen om flickors och pojkars skolvillkor eftersom flickors diskuteras i relation till kön och pojkars i termer av klass.

Redan i genomgången 1975 säger Gardner att *”Sex is probably the single most important variable related to pupils attitudes to science”* och detta upprepas i alla översikter. Man redovisar sedan funna könsskillnader utifrån ett stort antal variabler och dessa förklaras i psykologiska och sociologiska termer. Eftersom de flesta studier redovisar resultat utifrån kön kommenteras könsskillnader i genomgången av de andra faktorerna.

Attityder/intresse och kognitiva faktorer

I sin genomgång av forskningen om attityder till naturvetenskap säger Gardner (1975), att enligt sunt förnuft, borde attityder och kognitiva variabler som intelligens och prestationer vara starkt korrelerade men i själva verket visar tillgänglig forskning att sambandet är tämligen svagt. Fraser (1982) hävdar i en annan genomgång att det inte finns något samband mellan attityd och prestation utan ett sådant antagande bygger på ett gammalt tänkesätt *”that the best milk comes from contented cows”*. Därför blir hans rekommendation till lärarna att om de vill förbättra sina elevers prestationer är det bättre att angripa problemet direkt än att först försöka förändra deras attityder. Schibeci (1985) konstaterar att korrelationen mellan attityd och prestation sällan rapporteras högre än 0,3 och att sambandet mellan dessa variabler troligen är så komplext att enkla studier med två variabler bara ger begränsad information. Gardner (1985) är av samma uppfattning och menar att eftersom elevers intresse skapas av en kombination av olika individuella orsaker måste också den enskilde individen studeras, inte bara grupper.

Det finns många studier som försöker förklara och förutsäga framgång i studier. Oavsett teoretisk grund och tillvägagångssätt finner man ofta tre grupper av faktorer som är betydelsefulla och dessa är kognitiva faktorer, studiemotivation och intresse för området. Av dessa har de kognitiva faktorerna störst inverkan men genom en metaanalys ville Schiefele, Krapp och Winteler (1992) ta reda på intressets betydelse. De studier de valde för denna analys skulle mäta ett uttalat intresse för ett ämne som till exempel fysik och betyg eller testresultat i detsamma. Underlaget för analysen bestod av mer än hundra studier från 18 olika länder med varierande gruppstorlekar och åldersgrupper. Den genomsnittliga korrelationen för sambandet mellan intresse och prestation var 0,3. De fann också att korrelationen var densamma för matematik, språk, natur- och samhällsvetenskap men lägre för läsning och biologi. Som väntat var korrelationen högre för de äldre eleverna men skillnaden var inte signifikant. Däremot fanns det en signifikant skillnad mellan könen. Sambandet mellan intresse och prestation var ungefär dubbelt så stort hos pojkarna som hos flickorna. Författarna tolkar detta som flickors anpassning, att de är mer benägna att anstränga sig i alla ämnen oavsett om de är intresserade eller inte.

I en senare genomgång säger Koballa (1995) att tillgänglig forskning bekräftar att man inte kan förvänta sig bättre prestationer genom att förbättra elevernas attityder. Som lärare kan man inte räkna med att positiva elever presterar bäst. Samtidigt hänvisar han till Shrigley (1990) som hävdar att attityder kan förutsäga handlande men endast om attityder och handlande mäts på samma nivå och att man också tar hänsyn till sammanhanget, individuella skillnader och elevens intentioner. Vill man förutsäga elevers benägenhet att välja naturvetenskap ska man mäta attityden till detta och samtidigt analysera elevens möjligheter och intentioner i stället för att mäta en allmän attityd till naturvetenskap.

Enligt Osborne, Simon & Collins (2003) visar forskningen tydligt att upplevelser tidigt i barndomen kan ha stor inverkan på det framtida intresset. Känslor av glädje och nyfikenhet kombinerade med att lyckas i de yngre åren leder med all sannolikhet till ett bestående intresse för naturvetenskap. Men samtidigt finns det många barn som presterar bra utan att gilla ämnet.

Lindahl (2003) visar att många elever tidigt har tankar om sitt framtida yrkesval som senare stämmer med deras gymnasieval. För att naturvetenskapen och tekniken ska ha en chans i deras liv måste eleverna få en positiv upplevelse av NO mycket tidigare i skolan men också under hela skoltiden. Har de hamnat i ett läge där de upplever att det inte är roligt krävs det otroligt mycket mer för att kunna påverka dem. Konkurrensen om deras uppmärksamhet är stor och ju äldre de blir desto svårare tycks det vara att fånga dem.

Gardner (1975) beskriver den genomsnittlige eleven som väljer naturvetenskap

som seriös, målmedveten och prestationsfokuserad, realistisk och oberoende men också konventionell och foglig. En bild som fortfarande tycks stämma när man läser utvärdering av Naturvetenskapsprogrammet 1997 (Skolverket, 1998b).

Eleverna på NV-programmet skiljer sig från elever på andra program genom att de flesta i stort sett har en huvudinriktning med gymnasieutbildningen, dvs. att skaffa sig bra betyg så att de kan komma in på den eftersträvade utbildningen på universitet och högskola. De ser utbildningstiden som en transportsträcka. De är skickligare än andra elever att anpassa sig till sina olika lärare i undervisningsprocessen. De tar t.ex. snabbt reda på vad lärarna vill att de ska kunna, läser plikttroget in det lärarna föreslår, kan konsten att sitta still och lyssna och svara rätt på lärarnas frågor (s. 32).

Schibeci (1984) tar också upp *science anxiety*, som han menar är ett välkänt fenomen men föga förstått och precis som ”släktingen” *matematikerskräcken* kan den paralysera eleverna och då speciellt flickorna. I den nationella kvalitetsgranskningen av matematiken finner man att tilltron på den egna förmågan att lära är den viktigaste faktorn för lusten att lära (Skolverket, 2003b). God självtillit tenderar att höja prestationerna utöver vad man ”objektivt” kan och en dålig självtillit kan på motsvarande sätt sänka den. Utvärderingen bygger bl.a. på Banduras (1997) teori om att individen formar sitt liv utifrån vad hon tror att hon klarar av. Han skiljer mellan individers självförmåga (*self-efficacy*) som är deras ”*judgement of personal capability*” och självkänsla (*self-esteem*) som är deras ”*judgement of self-worth*”. Han säger att det inte finns något självklart samband mellan dessa två begrepp eftersom man mycket väl kan uppleva en dålig självförmåga inom något område utan att för den skull ha dålig självkänsla. Självförmågan påverkar i sin tur om man väljer att göra en viss sak eller inte, hur mycket man anstränger sig för att klara av det och de känslor man upplever medan man gör det. Om man klarar av det man bestämt sig för att göra så kan självförmågan öka men om man upplever situationen som obehaglig kan den i stället minska. Självförmågan förändrar på så sätt en individs intresse för olika aktiviteter efter hand. Bandura (1997) säger också att kvinnor tenderar att bedöma sin självförmåga lägre när det gäller olika aktiviteter inom naturvetenskap och teknik men denna skillnad försvinner om samma typ av aktivitet tillhör något annat område. Detta tyder på att självförmågan i detta fall mer relateras till könsfördomar än till deras verkliga förmåga.

I nationella utvärderingen 1992 (Andersson, Emanuelsson & Zetterqvist, 1993) är det fler pojkar än flickor som anger att fysik, kemi och teknik är intressant, viktigt och lätt, men ser man till betygen har de bara högre betyg i teknik.

Även i TIMSS-studien är det procentuellt fler pojkar än flickor som är positiva till fysik och kemi men i denna studie har pojkarna bättre resultat (Skolverket, 1996, 1998a). Osborne, Driver och Simon (1998) använder benägenheten att välja som ett mått på attityden och säger att trots att flickorna numera presterar bättre i science än pojkarna är andelen flickor som väljer att fortsätta med fysik och teknik ganska låg, dvs. samma mönster som i Sverige.

Inom ramen för NOT-projektet diskuterar Svensson (1995) hur många ungdomar som trots goda studieförutsättningar inte skaffar sig en naturvetenskaplig eller teknisk utbildning. Han definierar goda förutsättningar för sådana studier som goda förutsättningar att tillägna sig matematiska kunskaper. Närmast till hands som mått på matematisk förmåga är ju matematikbetyget i årskurs 9, men Svensson säger att då missar man de elever som har goda studieförutsättningar men som av olika skäl tappat intresset för matematiken redan under grundskolans högstadium. Som mått på förmåga använder han ett induktivt-logiskt test, vilket enligt honom, i flera studier visat sig ha hög korrelation med goda prestationer både i matematik och mer generellt. Testet genomfördes när eleverna gick i sjätte klass och de följdes sedan upp efter gymnasiet. Av studien framgår att en sjättedel av årskursen hade skaffat sig en naturvetenskaplig eller teknisk gymnasieutbildning samt att det finns minst lika många som har de begåvningsmässiga förutsättningarna att klara av dessa utbildningar. Bland de senare finns flickor från alla socialgrupper och pojkar från arbetarhem överrepresenterade.

Attityder/intresse och faktorer i skolan

Inflytande och interaktion i klassrummet

Sørensen (1992) säger att hon är övertygad om att både flickor och pojkar skulle få ut mycket mer av undervisningen om de fick inflytande över den. I klassrumsstudier i grundskolan har hon sett hur flickorna tagit en aktivare del i undervisningen i fysik och kemi när deras inflytande har ökat. Samtidigt behöver de tydliga ramar eftersom de engagerar sig på ett mer personligt plan och behöver därför veta att det de gör är ”gott nog”. Axelsson (1997) diskuterar i sin avhandling elevernas ansvarstagande för sitt lärande. När eleverna fick ta ansvar för handlingar de själva bestämt om, i stället för att göra det läraren bestämt, ökade deras ansvarstagande. Ansvaret är en följd av att ha inflytande, vara delaktig och inte tvärtom.

För många år sedan gjorde Kelly (1986) en kvantitativ metaanalys av 81 klassrumsundersökningar från många olika länder. Denna visade att flickorna fick mindre uppmärksamhet än pojkarna i alla former av lärarkontakter. I alla

ämnen och åldersgrupper fick flickorna mindre beröm men också mindre kritik, färre och lättare frågor och därmed ett mindre utrymme. I Sverige har detta benämnts som 2/3-delsregeln, att pojkarna får två tredjedelar av det talutrymme som blir kvar när läraren tagit sina två tredjedelar (Einarsson & Hultman, 1984). Regeln är tydlig men också så accepterad att avvikelser från den uppfattas som om flickorna dominerar (Öhrn, 1990). Den dominerande gruppen styr diskussionerna mot sina intressen i klassrummen samtidigt som den andra gruppen tystnar. Eftersom det oftare är pojkarna som dominerar tillfredsställer undervisningen mest deras behov (Staberg, 1992). En annan studie visar att pojkars vilja att tala är stor så länge de befinner sig i klassrummet men mindre i en samtalsituation. Flickorna i studien hade fler frågor om naturvetenskapliga fenomen som de ville ha svar på när de var ensamma med en lärare. Det är alltså inte enbart vetgirighet som gör att pojkar breder ut sig i klassrummet utan även ett behov av att träna offentligt framträdande (Gisselberg, 1991).

Även om interaktionen i klassrummet diskuterats länge verkar det som om problemet kvarstår. Som observatör i ett Na-klassrum noterade Reiss (2000) alla hörbara, naturvetenskapligt meningsfulla interaktioner som förekom med läraren i helklass. I början av år 7 deltog flickorna lika mycket som pojkarna i samtalen men efter hand så tystnade de mer och mer. I slutet av året hade pojkarna 50 procent mer interaktion med lärarna om sådant som rörde ämnet. Han intervjuade också lärarna och bad dem beskriva sina intryck av eleverna. Av samtalen framgår det att pojkarna generellt gör ett större intryck. Åtta av femton lärare hade mer att säga om pojkarna än om flickorna, ingen hade tvärtom. Resultatet tyder också på att de manliga lärarna tar mer intryck av pojkarna än sina kvinnliga kollegor.

Att interaktionen mellan lärare och elev är mycket viktig visar Echinger (1997) i en studie där han låtit mycket framgångsrika studenter se tillbaka på tidigare undervisning i naturvetenskap. Studenterna säger att de blivit motiverade av kunniga entusiastiska och sympatiska lärare, av dynamiska metoder, laborationer och diskussioner men det som allra mest hade påverkat deras attityder till naturvetenskap var interaktionen med lärarna. Det senare var speciellt viktigt för dem som inte redan var ”frälsta” för ämnena.

Na-lärares betydelse

Gardners (1975) genomgång visade att elever tycker att Na-lärare inte är lika vänliga, glada, kunniga, balanserade, intressanta och demokratiska som andra lärare. Även svenska elever beskriver sina Sa-lärare som mer spontana, att de skojar mer, är bättre på att berätta och att få eleverna intresserade och delaktiga i undervisningen men framför allt att de uppfattas som mer intresserade av sina ämnen

(Lindahl, 2003). Men Na-lärare är olika: En biolog uppfattas som mer öppen, spännande, hjälpsam, konstnärlig, demokratisk och hänsynsfull medan en fysiker uppfattas som mer sluten, tråkig, egoistisk, auktoritär och hänsynslös. Flickorna uppfattar dessutom fysikern mer negativt än pojkarna och bedömer att biologen mer stämmer överens med de värderingar de själva står för (Sjøberg, 2000a).

I sin avhandling har Öhrn (1990) låtit högstadieelever beskriva dels lärare de uppskattat respektive inte uppskattat, dels vilka ämnen de tycker mest om och varför. Pojkarnas beskrivning av lärare som de uppskattar handlar oftare än flickornas om lärarens yrkeskvaliteter. Det är lärarens kunnande och förmåga att lära ut, entusiasmera och hålla intressanta lektioner som är i fokus medan flickornas beskrivning oftare handlar om lärares personliga kvaliteter. Dessa mönster kommer också till uttryck när flickor och pojkar talar om vilka ämnen de tycker om. Pojkar talar oftare om att de uppskattar ett ämne för att man får arbeta självständigt, flickor nämner oftare läraren som ett skäl till att de tycker om ämnet. Mönstret är särskilt tydligt i naturorienterande ämnen. Pojkar nämner här oftare än i något annat ämne att de uppskattar arbetsformen. För den betydligt mindre andel av flickor som säger sig uppskatta Na-ämnen framstår i stället läraren som central. I de ämnen som flickor generellt inte är särskilt intresserade av tycks det vara ännu viktigare att andra faktorer än ämnesintresset kan bidra till att göra undervisningen intressant. I ämnen som man redan är intresserad av blir det antagligen mindre väsentligt hur läraren är, eftersom det egna intresset i sig räcker ganska långt.

Enligt Woolnough (1994) är duktiga lärare och stimulerande aktiviteter det mest fundamentala för Na-undervisningen. Det gör det samma hur bra kursplanen är och vilken utrustning som finns tillgänglig om det inte finns dubbla naturvetare i skolorna som kan dela sin entusiasm med eleverna.

Good science teachers are knowledgeable, competent and enthusiastic in their subject and in class management, and understanding and sympathetic to students and their needs. It is important, but not sufficient, to be an expert in the subject. It is important, but not sufficient, to be able to deliver interesting and significant lessons. It is important, but not sufficient, to develop good relationships with students; to like, respect and to understand them, and to help them to develop their potential.

Good science teachers combine all three of these attributes (s. 45).

Ålder och olika Na-ämnen

Redan 1975 sammanfattade Gardner elevens attityder till olika Na-ämnen med att *"boys are relatively more interested in physical science and girls more interested in biological and social science"*. Hans genomgång byggde då på referenser

från 1960 och 70-talet men den skulle lika gärna kunna beskriva situationen idag, se t.ex. TIMSS-studien (Beaton m fl., 1996; Skolverket, 1996, 1998a). Han finner också att skillnaderna fortsätter upp i vuxen ålder och att de även visar sig i yrkesvalet. Även när det gäller yrkesvalet lever samma mönster kvar i Sverige men samtidigt kan man skönja en successiv förändring. I ”Säkert och sakta” skriver Stanfors (2000) att *”kvinnor långsamt och långsiktigt har gjort inbrytningar på de mansdominerade tekniska utbildningarna och därmed också på mansdominerade delar av arbetsmarknaden som medför bättre karriär- och inkomstmöjligheter”*.

Osborne, Driver och Simon (1998) konstaterar att intresset för Na i skolan är som högst i 11-årsåldern eller kanske rent av ännu tidigare. Därefter faller intresset snabbt i synnerhet för flickorna. Erfarenheterna av Na-undervisningen lämnar många med en känsla av att Na är svårt och otillgängligt och det värsta är, att sådana känslor stannar kvar mycket längre än minnet av Newtons lagar, den kemiska formeln för koksalt eller villkor för liv. De säger också att fysiken är på väg att få samma stämpel som grekiskan hade på 1960-talet i England. Den som väljer fysik är antingen ett geni eller något knäpp.

I Lindahls (2003) longitudinella studie är både flickors och pojkars intresse för fysik och kemi lägre än för andra skolämnen. Intresset ökar inte heller över åren. Detta är inget åldersfenomen som kan förklaras av att de är allmänt skoltrötta och ointresserade eftersom intresset för andra ämnen är större och dessutom ökar. Det är heller ingen könsfråga. Eftersom pojkarna generellt skattar sig som mer intresserade i alla ämnen, är det lätt att tro att de är mer intresserade men i jämförelse med andra ämnen hamnar fysik och kemi längst ner även hos dem. Därtill minskar pojkarnas intresse genom åren till skillnad från flickornas som ”bibehåller” sitt på samma låga nivå.

Arbetsätt i Na-undervisning

Enligt Gardner (1975) visade projektet *Science 5/13* vid University of Bristol School of Education, att elevernas intresse ökade när de fick arbeta undersökande, följa upp och diskutera sina resultat. Traditionell undervisning och mycket lärarstyrda aktiviteter visade sig ha motsatt effekt. Om eleverna var passiva mottagare visade attitydenkäterna ett lägre medelvärde än om de var aktiva i diskussioner och försökte att hitta egna förklaringar. Lemke (1990) säger att språket behövs inte bara för att kunna tala om utan för att över huvud taget kunna syssla med naturvetenskap.

”Talking Science” means observing, describing, comparing, classifying, analyzing, discussing, hypothesizing, theorizing, questioning, challen-

ging, arguing, designing experiments, following procedures, judging, evaluating, deciding, concluding, generalizing, reporting, writing, lecturing and teaching in and through the language of science (s. ix).

Han menar att vi måste lära eleverna att använda språket i naturvetenskapen, att det är ett annat sätt att tala men inte svårare än andra men också att argumentera sina egna värderingar naturvetenskapligt. I sin avhandling lyfter Kolstø (2001) fram det demokratiska argumentet i naturvetenskaplig undervisning och menar att om skolan ska fostra eleverna till ansvarstagande medborgare måste den också ge dem möjlighet att praktisera de färdigheter vi vill att de ska ha. Genom att lyfta in kontroversiella frågor av naturvetenskaplig karaktär kan skolan lära eleverna att argumentera och värdera information från olika källor. Även Driver, Newton och Osborne (2000) menar att argumentation av olika slag är central inom naturvetenskapen och bör därför också vara det i undervisningen. De finner precis som Lemke (1990) att lärarna ger sina elever få möjligheter att i grupp eller helklass diskutera sina tolkningar av företeelser och experiment eller deras sociala konsekvenser. Om lärarna gör det, saknar de ofta pedagogisk kompetens och praktisk erfarenhet för att genomföra en sådan undervisning på ett effektivt sätt.

Ett annat sätt att aktivera eleverna och använda språket i undervisningen är olika former av skrivande. Fördelen med att låta elever skriva är att de gör sina tankar synliga, inte bara för sig själva utan också för läraren säger Sandstöm-Madsén (1996). Om man inte förstått eller gjort klart för sig själv hur något förhåller sig kan man i regel inte heller förklara det för någon annan. Genom att skriftspråket ställer större krav på tydlighet och precision än talspråket, tvingar skriftspråket fram större medvetenhet hos den skrivande om de egna tankarna. Men när man lyfter fram skrivandet får man inte glömma samtalet eftersom det är samspelet mellan samtal och skrivande som har störst effekt på lärandet enligt Dysthe (1996).

Dahlin (2002) argumenterar för ett fenomenologiskt perspektiv på lärande och undervisning i naturvetenskap. Genom att belysa olika sätt att erfara världen och tydliggöra skillnaden mellan upplevelsen och tolkningen av densamma skulle detta kunna underlätta elevernas övergång från vardagsföreställningar till idealiserade vetenskapliga teorier. En fenomenologiskt inspirerad undervisning ger även utrymme för en känslomässig inlevelse och ett estetiskt perspektiv. Ett annat sätt att utnyttja känslor är att använda drama i Na-undervisningen. Ødegaard (2003) argumenterar för att använda olika former av drama för att belysa naturvetenskapens olika aspekter: Vetenskapens produkter, vetenskapens processer och vetenskapen som ett socialt system i samhället.

Eftersom olika elever föredrar olika sätt att lära, en del vill ha frihet och ansvar att själva planera medan andra föredrar en striktare struktur, måste vi variera sättet att undervisa (Woolnough, 1994). Enligt Wernersson (1988) kan olika tävlingsmoment i undervisningen gagna pojkarnas inläring men vara negativt för flickornas, medan samarbete kan vara positivt för flickorna och negativt för pojkarna. Både Staberg (1992) och Sørensen (1991) säger t.ex. att pojkarna uppfattar Na-ämnena i sig intressanta, att de fascineras av det tekniska, att få leka med prylar och apparater medan flickorna hellre vill ha en undervisning som ger mening på ett personligt plan. Detta för tankarna vidare till värdet av särundervisning. Wernersson (1995) säger att det finns vissa skillnader på gruppnivå mellan flickor och pojkar med avseende på vilken undervisning de får och hur de tar emot den. Det är för den skull inte självklart hur dessa skillnader ska bedömas. Kanske är det så att vissa flickor och vissa pojkar vinner på särgrupper, medan andra, både flickor och pojkar, förlorar på det. I Danmark har däremot Kruse (1996) länge förespråkat särundervisning för att flickorna ska få ett frirum men också för att både flickor och pojkar ska förstå att könsroller och attityder är sociala konstruktioner som kan förändras av de inblandade. Holden (1993) menar att både flickor och pojkar skulle vinna på enkönade grupper, flickor i matematik/teknik och pojkar i språk. Häussler och Hoffman (2002) beskriver hur de har utvecklat en undervisning i fysik som utgår från flickornas intressesfär men att den också visade sig gagna pojkarnas lärande. Förutsättningen för en förändring av deras attityder, men i lika hög grad deras prestationer, var att undervisningen skedde i flick- respektive pojkggrupper.

Na-undervisningens "dolda" budskap

Shapiro och Kirby (1998) diskuterar också de olika subkulturerna som finns inom varje skola och i varje ämne ur ett annat perspektiv. På de lägre stadierna är läraren ofta generalist och byter mellan de olika ämnena eller kulturerna utan problem. På de högre stadierna skapar däremot ämneslärarna olika kulturer åt sina elever. Genom de budskap som klassrummet, böcker, undervisning men också läraren ger, tolkar eleverna vad ämnet står för. De ger flera exempel som hur rummet är möblerat, hur läraren bemöter olika elever, om läraren är entusiastisk, anknyter till elevernas värld osv.

Östman (1998) menar att samtidigt som vi undervisar förmedlar vi ett budskap om naturen men också om medmänniskor i form av ras och kön, vilka som är värda att lyssna på och vem som klarar av att förstå naturvetenskap. Utifrån Roberts (1988) kunskapsemfaser diskuterar han tre former av följemeningar i skolans Na-undervisning: I den *disciplinära* undervisningen skolas eleven in i naturvetenskapen och lär sig den säkra grunden och de rätta förklaringarna, i

den *praktiskt tillämpade* ska hon i stället lära av naturen för att förstå sin egen vardag medan den *moraliskt tillämpade* betonar människans överlevnad och bevarandet av naturen vilket innebär att medborgarkunskapen blir viktigast.

Sutton (1998) diskuterar hur läroboken framställer naturvetenskap som fakta. I denna kan det t.ex. stå att ”atomer består av protoner, neutroner och elektroner” och inget mer. Denna enkla summering av vad vi vet i dag är inte felaktig men ger heller ingen bild av den möda som finns bakom denna beskrivning. Allt mänskligt arbete och alla hetsiga debatter som förekom innan detta accepterades av vetenskapssamhället förblir osynliga för eleverna. Han menar att vi behöver ge naturvetenskapen en mänsklig röst genom att i stället betona hur kunskapen vuxit fram.

Enligt *Second International Science Study* (SISS) (Riis, 1988) var Na-undervisningen mycket läroboksstyrd. En samtida undersökning (Benckert & Staberg, 1988) visade att läroböckerna vänder sig mer till pojkarna än flickorna. En senare granskning av fysikläromedel (von Wright, 1999) visar att det fortfarande finns en del kvar att göra på detta område. Hon säger att de flesta böcker utesluter kvinnliga perspektiv och förbigår kvinnlig tänkare och forskare med tystnad. Med tanke på att flickorna är de flitigaste lärläsarna (Andersson m fl, 1993; Riis, 1988) och att de dessutom ställer högre krav på förståelse (Staberg, 1992) så kan detta vara en förklaring till flickornas avståndstagande.

Na-undervisningens innehåll

Under 1980-talet gjordes många studier om könsskillnader när det gäller intresseområden inom naturvetenskap. Smails (1987) sammanfattning att pojkar är mer intresserade av regler och maskiner och flickor av relationer och människor verkar vara ganska allmängiltig. Hon generaliserade också resultatet som motpoler (översättning från Benckert & Staberg, 1988) på en skala av egenskaper där flickorna dras åt vänster och pojkarna åt höger.

Värdande	Analytisk/Instrumentell
Intresserade av relationer	Intresserade av regler
Intresserade av människor	Intresserade av maskiner
Pragmatiska	Intresserade av regler och rättvisa
Ser värden som ett nätverk av relationer (samarbete)	Ser världen som en hierarki (tävling)
Betonar estetiska värden	Betonar analytiskt tänkande
Vill vårda det levande	Vill styra döda ting

I många länder och nu senast i SAS-studien (Sjøberg, 2000a, 2000b) har man på samma sätt frågat ungdomar vad de vill lära mer om i naturvetenskap och

fått liknande resultat. Tydligt är att eleverna föredrar ett annat innehåll än det traditionella och att flickor och pojkar har lite olika intresseområden. På mellanstadiet är eleverna intresserade av allt som är extremt och läser gärna Guinness rekordbok. Egan (1995) hävdar att fokus på barnens fantasiförmåga leder till en kunskapsmässigt rikare läroplan för de första skolåren, inte enbart i påhittade berättelser utan också i olika ämnen som OÄ. I många länder betonas kopplingen mellan naturvetenskap, teknik och samhälle (STS-rörelsen) som en bättre utgångspunkt och en möjlighet att ändra den traditionella Na- undervisningen (Solomon & Aikenhead, 1994). Andra förordar en mycket starkare betoning av historiska och filosofiska perspektiv i undervisningen (Ekstig, 2002; Stinner & Williams, 1998). Att på något sätt förändra ämnesinnehållet kan kanske vara den allra viktigaste åtgärden för att förändra sökbilden till gymnasiet eftersom eleverna just säger att intresset för ämnesområdet är den avgörande faktorn i valet av linje/program (NOT, 1996; Lindahl, 2003).

Attityder/intresse och faktorer utanför skolan

Gardner (1975) skriver att familjebakgrunden allmänt påverkar intresset för studier men inte specifikt för naturvetenskapliga studier. Däremot menar han att intresset för naturvetenskap utvecklas tidigt om barnet har tillgång till sådana leksaker, böcker och tidningar, har husdjur, får besöka museum och djurparker men också om barnet har en fader som på ett förtjänsfullt sätt kan förklara hur saker och ting fungerar. Interaktion mellan barn och föräldrar har studerats i olika sammanhang. En studie gjord vid ett science center i USA visar att föräldrarna talar lika mycket med sina döttrar som söner om vad man kan göra och vad som händer i experimenten. Däremot diskuterar de tre gånger så ofta med sönerna vad experimenten visar och förklarar varför det blir så (Crowley, Callanan, Tenenbaum, & Allen, 2001).

Solomon (1994b) diskuterar hemmets inverkan på barnens skolprestationer och menar att föräldrars ”förväntningar” på sina barn är avgörande. I TIMSS-studien (Skolverket, 1996) låter man eleverna ta ställning till om de själva, deras mamma och deras vänner tycker att vissa aktiviteter är viktiga. Resultatet visar att det är fler pojkar än flickor som absolut instämmer i att det är viktigt att vara duktig i både Na och matematik enligt både dem själva, mamma och vännerna. Det allra viktigaste enligt alla är dock att ha tid att ha roligt! Enligt ungdomarna i Korea och Singapore tycker deras mamma att ha roligt är det minst viktiga (Beaton et al. 1996).

I SAS-studien (Sjöberg, 2002) får eleverna som en fråga en lista med 79 olika

aktiviteter från olika områden. På denna ska de markera om de hemma gjort de olika sakerna ofta, sällan eller aldrig. I redovisningen är aktiviteterna grupperade i ett antal kategorier. Resultatet visar att erfarenheterna varierar hos barn i olika världsdelar men också att det finns liknande könsskillnader både internationellt och i Sverige. Pojkarnas erfarenheter inom områden som kan vara värdefulla för fysik- och teknikundervisningen är mycket större än flickornas. De har oftare byggt vattenhjul, lagat punktering, lekt med lampor, batterier och motorer och använt olika verktyg mer än flickorna. När det gäller modern teknik som datorer eller områden som kan gagna biologiundervisningen är skillnaderna små.

En svensk studie visar att förutom könet är den sociala bakgrunden en viktig faktor för valet av naturvetenskapliga och tekniska utbildningar. I socialgrupp ett är det två tredjedelar av eleverna på den högsta betygsnivån som valt en studieförberedande NT-utbildning, vilket är ca 10 procentenheter högre än för totalgruppen. Skillnaden i matematikprestationer mellan flickor och pojkar är förhållandevis måttliga men när det gäller självkattningar anser pojkarna sig vara betydligt duktigare än flickorna. Däremot är skillnaderna i matematik mellan barn från olika socialgrupper betydande och de tenderar att öka under högstadiet. Betygsskillnaden mellan socialgrupperna var större i årskurs 9 än vad man skulle ha väntat sig från skillnaderna i den begåvningsmätning som gjordes i årskurs 6 (Reuterberg & Svensson, 1998).

Av tradition har skolans naturvetenskap präglats helt av den industriella västvärldens naturvetenskap. Elever som kommer från andra kulturer kan känna sig tvungna att förkasta sina hävdvunna föreställningar och anamma ett naturvetenskapligt tänkande som det presenteras i skolans undervisning. Aikenhead (1996) diskuterar betydelsen av elevens kulturella bakgrund som *"Border Crossing into the Subculture of Science"*. För att lära naturvetenskap i skolan måste eleven gå in i en ny kultur, en kultur som har sina egna normer, värderingar, förväntningar och konventioner. Som individer tillhör vi alla flera olika kulturer och subkulturer som Furham (1992) sammanfattar med

"In addition to the subcultures of science and school science, students must deal with, and participate in, an array of other important subcultures in their lives, associated with: (1) the institution of school itself (the community's instrument of cultural transmission), (2) various – peer groups, (3) the family, and (4) the mass media" (s. 14).

Deltagande i olika kulturer och subkulturer innebär att vi hela tiden passerar gränser mellan dem. Dessa gränser kan många gånger vara svåra att passera för eleven men samtidigt osynliga för läraren. Elevernas framgång i skolan beror

på deras förmåga att passera gränserna. I detta läge kan elever spela med på ett sådant sätt att de klarar skolans krav utan att de för den skull lär sig naturvetenskap på ett meningsfullt sätt (Driver, 1989; Larson, 1995). Utifrån dessa tankegångar beskriver Costa (1995) fem kategorier som hon fann i sin studie av gymnasieelever:

- *Potential Scientists*: Worlds of family and friends are congruent with worlds of both school and science.
- *Other Smart Kids*: Worlds of family and friends are congruent with world of school but inconsistent with world of science.
- *'I Don't Know' Students*: Worlds of family and friends are inconsistent with worlds of both school and science.
- *Outsiders*: Worlds of family and friends are discordant with worlds of both school and science.
- *Inside Outsiders*: Worlds of family and friends are irreconcilable with world of school, but are potentially compatible with world of science.

För eleverna i den första och i princip också den andra gruppen är det inga större problem att passera ”gränsen”, de märker den knappt. Nästa grupp har problem men de lär sig hantera situationen för att överleva. För gruppen *outsiders* är skolan så främmande att redan denna gräns är svår att passera. För den femte gruppen är det nästan omöjligt att ta sig in i skolans värld men dessa elever är mycket nyfikna på världen. Cobern och Aikenhead (1998) menar att undervisningen i naturvetenskap måste synliggöra och underlätta *border crossing* för eleverna, främja elevernas möjlighet att tala om naturvetenskap och ge legitimitet åt elevernas eget kunskapsbyggande enligt deras kultur samt undervisa i västerlandets naturvetenskap i dess kontext av dess värderingar.

Driver och Osborne (1997) diskuterar ett annat främlingskap, hur allmänhetens förtroende för naturvetenskap och teknik har förändrats sedan 1960-talet genom utvecklingen av samhället, industrin och vetenskapen själv. I massmedia informeras vi om miljökatastrofer, flygolyckor, galna ko-sjukan, farlig strålning osv. som snarare skapar en känsla av att vi behöver skydda oss mot vetenskapens landvinningar i stället för att glädjas åt dem.

Forskning om undervisning i naturvetenskap

Forskning fokuserad på undervisning och dess genomförande diskuteras i detta kapitel. Den teoretiska grunden forskare har för att studera undervisning i naturvetenskap varierar kraftigt och det har funnits olika trender genom åren. Dessa olika utgångspunkter baserade på olika syn på lärande har diskuterats ovan. Baserat på Tobin (1998), som är huvudförfattare av avsnittet om undervisning i *International Handbook on Science Education*, sammanfattar vi läget vid den tiden för forskning kring undervisning inom naturvetenskap. Den hade då, och så är fortfarande fallet, huvudsakligen inriktat sig på två huvudperspektiv, ett hermeneutiskt fokuserat på läraren och dennes tankar om undervisningen samt ett empiriskt fokuserat på vad som faktiskt pågår i klassrummen.

Tobin (1998) konstaterar att forskningen kring lärares metaforer, berättelser och uppfattningar har gett insikter i hur de kommer till att konkretisera sina målsättningar och sin kunskap till handling i klassrummet. Forskare har i och med detta kunnat kartlägga olika typer av lärare och kunnat utgå från dessa i diskussioner med andra lärare i syfte att utveckla undervisningen. Det har lett till att teori och praktik har kunnat kopplas tydligare samman. Tobin lyfter vidare fram att betydelsen av skillnad i kulturell bakgrund hos eleverna alltmer fokuseras av forskare och att insikter härom är av avgörande betydelse för undervisningens genomförande. Han menar att elever och studenter måste ges möjlighet att aktivt påverka planering och genomförande av undervisningen för att härmed kunna föra in perspektiv grundade i deras egen kulturella bakgrund. Utan denna möjlighet kommer de inte att känna sig berörda av undervisningen och ta aktiv del i den. Att vara en del av processen i klassrummet kräver att elever och studenter ges makt att påverka. Man måste samarbeta på lika villkor för att uppnå en så god elevaktivitet att de anammar det vetenskapliga språket och gör det till sitt eget. Det handlar om att utnyttja elevernas förutsättningar när undervisningen planeras, snarare än att se deras olika bakgrund som något problematiskt som ska övervinnas. Han menar också att forskningen har visat att det inte finns några generella sätt, utan att all undervisningen måste situationsanpassas. Det är t. ex. inte alltid fruktsamt med arbete i små grupper. Tobin (1998) konstaterade slutligen att vi vet hur naturvetenskaplig undervisning bör gå till, men att utmaningen för lärare i naturvetenskap ligger i att utforska det elevkapital man har för att baserat på det arbeta mot ett klassrumsklimat som medierar det naturvetenskapliga språket till alla.

Baird (1998), som är en av de tongivande inom det framgångsrika PEEL-projektet (*Project to Enhance Effective Learning*) som startade i Australien 1987 och som fortgår (Mitchell, Loughran & Mitchell, 2001; Fensham, 2003), konstaterar att metakognitionen har betydelse för att länka samman tankar och beteende för läraren i klassrummet. Lärare behöver beredas möjlighet till fokuserade reflektioner och dialoger med kollegor kring sin professionella utveckling. Han konstaterar vidare att produktiva lärandemiljöer är sådana som ger utrymme för elever och studenter att uppfatta utmaningar som adekvata och anpassade till såväl deras kognitiva nivåer som till deras attityder och intresse. En väg som utvecklingen av PEEL tagit är att vidare utforska det vi ovan benämnt PCK (Shulman, 1987). Se t. ex. Loughran, Mulhall och Berry (2004) som beskriver problematiken med att definiera och kartlägga PCK i allmänhet. De presenterar en metod för att beskriva de mer specifika delar av PCK som blir avgörande för lärare som undervisar om partikelmodellen av materia.

Betydelsen av att undervisningen är en del av en autentisk praktik har också visat sig vara av vikt. Roth (1998) konstaterar att positiv påverkan på elevers attityder har påvisats när de ges tillfälle att själva påverka innehållet i undervisningen genom aktiva val. Lärares tysta – hantverksmässiga – kunskap har etablerats som en viktig del av lärargärningen men den går inte självklart att kartlägga. Mycket av det lärare gör styrs av ”ryggmärgsreaktioner” och det gör undervisningen starkt kontextberoende. Studier har också visat att lärlingsstrategier är fruktsamma och att lärarstudenter utvecklas genom att undervisa tillsammans med mer erfarna lärare. Forskning kring undervisning i autentiska miljöer är fortfarande ett centralt och mycket aktivt forskningsområde, se t. ex. Ratcliffe och Grace (2003).

När det gäller yngre elever så konstateras att det är fruktbart att genomföra undervisning i naturvetenskap även med mycket unga elever. Alla är av naturen nyfikna i början av livet. Detta bör utnyttjas i den naturvetenskapliga undervisningen så att de idéer om världen som barnen tar till sig redan från början blir kompatibla med det naturvetenskapliga betraktelsesättet. Barn behöver tidigt möta de kritiska naturvetenskapliga processerna då detta tänkande inte är naturligt för de flesta unga (Harlen, 1998).

En del av forskningen inom undervisning i naturvetenskap har fokuserat det som kallas formativ utvärdering, dvs. att planera utvärdering av elevers kunskaper på ett sådant sätt att det främjar det sätt på vilket eleverna lär sig om undervisningens innehåll. En portalfigur inom detta område är Paul Black och i en nyligen publicerad artikel (William, Lee, Harrison & Black, 2004) beskrivs hur det har genomförts på ett framgångsrikt sätt med äldre elever i grundskolan i England. Artikeln står att finna i ett översiktsnummer som behandlar de senaste tio åren inom detta forskningsfält.

Begreppsförståelse som utgångspunkt

Det har konstaterats fruktsamt att lärare sätter elevernas idéer i centrum och skapar en diskurs där val görs baserat på bevis. Läraren bör då göra det möjligt för elever eller studenter att själva ta ansvar för sitt lärande och ge möjlighet för dem att varsebli sina egna epistemologiska grundantaganden. De bör få presentera sina nyvunna kunskaper och därmed tvingas sätta sina tolkningar i sammanhang begripliga för andra. Begreppsförändring som en förändring av den status de lärande förknippar med olika begrepp och modeller förutsätter att det finns en diskussion av olika idéer i klassrummet och att de värderas så att de lärande kan se värdet av att ta till sig det nya (Hewson, Beeth & Thorley, (1998). Statusbegreppets betydelse för lärandeprocessen har diskuterats ovan i denna översikt. Se också Hewson och Lemberger (2000) i deras kapitel *Status as the hallmark of conceptual learning* i boken *Improving Science Education – the contribution of research* som publicerades till minne av Rosalind Driver, en av forskningsfältets absoluta centralgestalter. Att undervisa för begreppsförändring har tagit sig många uttryck (Fensham, 2003) och här ges några exempel.

Michael Shayer and Philip Adey startade ett flerårigt projekt *Cognitive acceleration through Science Education* (CASE) i England (Harlen, 1999). Projektet har spritt sig, främst i Europa, och man undersöker möjligheten att utveckla elevers förmåga att tänka i allmänhet genom att utmana dem med beskrivningar av naturvetenskapliga begrepp. Man har också med bas i Bremen i Tyskland arbetat med detta syfte. Där har man också strävat efter att mer i detalj kunna beskriva lärandeprocesser, se t. ex. von Aufschnaiter och von Aufschnaiter (2003).

I en nyligen publicerad artikel rapporterar Grayson (2004) att en undervisningsstrategi baserad på att begreppsutbyte (*concept substitution*), snarare än begreppsförändring, ska ske är framgångsrik. Begreppsutbyte innebär enligt henne att man bygger på elevers/studenters ursprungliga och intuitiva idéer inom en given kontext. Man identifierar korrekta intuitiva idéer som av eleven/studenten kopplas till olämpliga fysikaliska begrepp och hjälper eleven/studenten att associera dessa ursprungliga idéer till mer lämpliga fysikaliska begrepp. Det finns flera fördelar med denna undervisningsmetod, menar Grayson. Eleven/studenten finner det sannolikt uppmuntrande att höra att vissa idéer är korrekta. De uppmanas inte att överge sina ursprungliga idéer och finner därför fysiken mer tilltalande än vad som annars ofta blir fallet. När det nya begrepp som på detta sätt introducerats påträffas senare i undervisningen, så finns en koppling till elevens/studentens ursprungliga intuitiva idéer. Det innebär också att eleven/studenten uppmuntras att fundera kring och särskilja mellan olika

idéer och begrepp, en form av metakognition som också av andra (Baird, 1998; Hewson, Beeth & Thorley, 1998) visat sig vara positivt för lärandet.

Begreppsteckningar (*concept cartoons*) är en strategi för undervisning mot begreppsförändring som framgångsrikt provats främst bland elever i skolan. Man låter tecknade figurer göra utsagor baserade på kända begreppsuppfattningar om fenomen, och eleverna/studenterna har sedan att ta ställning för någon av figurernas utsagor. Det möjliggör diskussioner där olika begreppsuppfattningar ventileras utan att eleverna/studenterna explicit behöver säga vad de själva tycker och tänker. Diskussioner och argumentering blir omfattande och rapporteras som extra genomgående av t. ex. Naylor, Downing och Keogh (2001).

I den internationellt erkända forskargruppen i Göteborg ledd av professor Björn Andersson har flera projekt drivits där forskning om elevers begreppsuppfattningar legat som grund för utvecklingen av undervisningssekvenser. Exempel på senare tid är doktorsavhandlingar om undervisningsexperiment av Bach (2001) inom optik och av Wallin (2004) om evolutionsteori i klassrummet. Båda har, med utgångspunkt från elevers initiala begreppsförståelse, framgångsrikt utvecklat och utvärderat undervisningssekvenser. Andersson och Bach (2004) beskriver ingående pågående projekt kring undervisningsutveckling via exemplet geometrisk optik. De framhåller betydelsen av att både forskare och lärare är involverade i alla faser av arbetet; planering, genomförande samt utvärdering. Vidare så diskuteras hur projektet bidrar till utvecklingen av en innehållsligt orienterad undervisningsteori som kan bidra till en önskad utveckling mot ett mer förståelseinriktat lärande för eleverna. Resonemanget ansluter väl till designbaserad forskning som beskrivs nedan under implementering av forskningsresultat.

Variation i undervisningen

Det har visats att det rutinmässiga räknandet av problem inom främst fysikundervisning inte självklart leder till förståelse av fysikens begrepp och områden. Mer effektivt är att arbeta med flera olika typer av representationer när fenomen diskuteras visar Hobden (1998) och även Gabel (1998) diskuterar detta. Detta ansluter direkt till vad som förs fram av Marton, Runesson och Tsui (2004) om betydelsen av variation för framgångsrik undervisning. Även i dessa rapporter konstateras att det visat sig vara positivt för inläringen att elever och studenter haft möjlighet att påverka problemformuleringar och att problemen berört deras egen vardag.

Marton, Runesson och Tsui (2004) diskuterar förutsättningar för undervisning som följer av den variationsteori som Bowden och Marton (1998) pre-

senterat. Grunden är att lärande alltid är lärande av någonting och att detta någonting (lärandeobjektet) måste vara väldefinierat. Lärandets objekt kommer att påverka såväl undervisning som lärande. Lärandets objekt tar sig olika uttryck i och med att läraren har ett avsett (*intended*) lärandeobjekt som etableras via undervisningssituationen till ett konstituerat (*enacted*) lärandeobjekt som är det som de lärande erfar, och som definierar vad som är möjligt att lära i den aktuella kontexten. Marton, Runesson och Tsui (2004) hävdar vidare att en nödvändighet för lärande är att en undervisningssituation omfattar variation av lärandeobjektets framställan. Olika perspektiv måste belysas för att lärande ska vara möjligt. Lärandeobjektet behöver kontrasteras, generaliseras, separeras och kopplas samman med och mot andra objekt. Man hävdar att det också är av betydelse att denna variation kan varseblivas samtidigt för den lärande – synkront, eller asynkront via den lärandens tidigare erfarenheter. Ett flertal projekt bedrivs med denna teoretiska utgångspunkt även i Sverige. Se t. ex. Lindner och Marshall (2003) med reflektion kring rådande omständigheter (kontext) som en extra ingrediens och det av Vetenskaprådet kommitté för utbildningsvetenskap finansierade nationella nätverket med namn *Nätverket för learning studies – lärare och forskare i samarbete*.

Variationen har också varit i fokus när det gäller betydelsen av hur elever och studenter uppfattar naturvetenskapliga modeller för deras lärande i naturvetenskap. Undervisning utvecklad och baserad på etablerade forskningsresultat om modeller har gjorts i ett flertal olika länder världen över (Taylor, Barker & Jones, 2003; Tiberghien & Megalakaki, 1995; Viennot & Rainson, 1999). Man lyfter fram betydelsen av att olika modeller explicit lyfts fram och diskuteras i undervisningen. Det måste vara tydligt för de lärande att vetenskapen tillåter flera olika modellbeskrivningar för verkliga fenomen.

När det gäller laborationer inom naturvetenskap har man kunnat konstatera enligt Lunetta (1998) att laborationer ska innehålla moment där olika idéer och modeller provas i förklaringar, att elever och studenter bör ges möjlighet att metakognitivt betrakta förklaringar och väga olika förklaringsmodeller mot varandra. Det är inte självklart att laborerande leder till att elever lär sig (Leach & Paulsen 1999; Harlen, 2001). Många aspekter måste beaktas så att eleverna ges tillfälle att inse syfte och sammanhang med aktiviteterna. Att inte bara väga in begreppsförståelse och sätt att resonera i laborerande via aktivt hypotesstäl- lande och diskussioner par- eller gruppvis utan att också arbeta för att synlig- göra elevs syn på mätdata och osäkerheter har t. ex. Buffler, Allie, Lubben och Cambell (2001) och Kanari och Millar (2004) visat i utvärderade under- visningsstrategier. Synen på mätdata i termer av enstaka punkter eller grupper av punkter visas vara starkt korrelerad med undervisningens inlärningseffekter.

Kanari och Millar (2004) understryker betydelsen av att elever ges möjlighet att studera fenomen genom att variera såväl de oberoende variabler som påverkar resultaten som de som inte gör det. De menar att förmågan att använda de naturvetenskapliga metoderna att kontrollera variabler inte självklart kan överföras av eleverna själva från laborativa undersökningar av enkla samband till mer komplicerade situationer med osäkerheter och felkällor. Undervisningen bör därför beröra även dessa mer komplicerade och ”verkliga” situationerna.

Att använda drama inom undervisning i naturvetenskap är något som rapporterats mer om på senare tid. Marianne Ødegaard (2003) diskuterar olika typer av drama i en artikel om undervisning i skolan. Drama kan vara impulsivt, det uppstår ur ett ögonblick, och då blir det fråga om improvisation från studenternas sida. Drama kan också vara strukturerat och bygga på ett manuskript och det kan vara någonting mitt emellan, halvstrukturerat. Vidare anger Ødegaard (2003) att man i en undersökning funnit att över 70 procent av eleverna var entusiastiska för drama, men också att majoriteten av lärare inte använder drama, gymnasielärare inte alls. Hon diskuterar dramats för- och nackdelar och finner att det sannolikt är ett arbetssätt som har en utforskad potential för naturvetenskaplig undervisning och passar för de flesta åldrar. Ødegaard delar in dramaaktiviteter i tre olika perspektiv baserat på Sjöberg (2000a) nämligen förståelse: av naturvetenskapliga begrepp, av naturvetenskaplig process och natur, samt av den naturvetenskapliga kulturen och dess sociala processer.

Projektbaserad undervisning

De senaste åren har en våg av undersökningsbaserad (inquiry-based) undervisning beforskats världen över, främst i USA. I stora drag kan man säga att dessa undervisningssätt ersatte den tidigare problemorienterade undervisningen som i sin tur föregicks av upptäckandelärande. Den undersökningsbaserade undervisningen är elevcentrerad och syftar till att engagera elever och studenter att anamma de naturvetenskapliga arbetssätten så att de kan sägas ha skaffat sig tillträde till den naturvetenskapliga kulturen och därmed uppnå naturvetenskaplig bildning. Ett stort antal projektinriktade undervisningsupplägg har utarbetats av forskare, men spridningen till skolor är inte stor (Barab, 2003). Problemen med att implementera dylika undervisningsupplägg i klasser med många elever är många och ett sätt att understödja lärare i detta är att använda datorer och digitala läromiljöer, vilket vi går vidare med att beskriva i nästa avsnitt. En studie som undersökt elevers argumentationer och diskussioner under undersökningsbaserad praktisk verksamhet finner att eleverna kom att uppfatta undersök-

ningen som rutinmässiga mätningar för att skriva en rapport, snarare än en process med diskussion kring vilka bevis man kunnat finna (Watson, Swain & McRobbie, 2004). De förordar vidare ett tydligare fokus för undervisning och forskning på hur elever argumenterar och handhar bevis i klassrummen.

Som banbrytare inom det som i dag kallas Physics Education Research (PER) beskriver Redish (1998) och McDermot (2001) detta forskningsfältets framväxt, främst i USA. Denna del av fältet har sitt ursprung liksom McDermott och Redish själva i fysikinstitutioner vid amerikanska universitet. När det gäller forskning om undervisning så har man via kvantitativa instrument, baserade på resultat från begrepps forskning, mätt undervisningens effektivitet för olika sätt att undervisa. Olika variationer av studentaktiverande och undersökningsbaserade undervisningsstrategier kan sägas ha varit de mest framgångsrika hittills.

Moje, Collazo, Carillo och Marx (2001) beskriver projektbaserad undervisning där eleverna har möjlighet att arbeta med autentiska verkliga problem. De får arbeta med undersökningar och skapande av artefakter för att utveckla sitt kunnande och få feedback på vad de har åstadkommit. Det hela bygger på ett nära samarbete mellan elever, lärare och samhällsmedborgare utanför skolan. Det är viktigt att forskningsprojektet beaktar ämnesinnehållet, undervisningskontexten och hur eleverna uppfattar kunskapen. Den ämnesmässiga diskursen gör det svårt för yngre elever att delta i diskussioner samt skriva om naturvetenskapliga fenomen. För några elever innebar projektstudierna något de inte hade väntat sig av studierna i naturvetenskap. I det forskningsprojekt som ovanstående forskare rapporterar deltar elever med olika kulturell bakgrund. En stor del av dem kom från spansktalande hem. Det gällde för den undervisande att anknyta till elevernas vardagsupplevelser utan att förlora syftet med undervisningen. Läraren försökte att diskutera med eleverna vad som menades med dålig luft- och vattenkvalitet, men ordet kvalitet var inget som eleverna använde sig av, liksom orden gift och toxin. Genom att dramatisera avsnittet gjordes det tillgängligt för eleverna. För att se om eleverna hade förstått fick de olika möjligheter att beskriva ett föroreningsförlopp. Bland annat fick de skriva det som dagboksanteckningar (Moje, et al. 2001).

The Cognition and Technology Group at Vanderbilt (CTGV, 2000) använde sig av autentiska frågeställningar för att stimulera lärande och undervisning och därmed få möjlighet att studera goda lärandemiljöer. Eleverna fick till exempel reda på att de vunnit en flodbåt som de fick se på en video. Deras uppgift var att planera en veckas resa med denna båt. Problemen handlade inte bara om att beräkna hur båten skulle utrustas med förnödenheter av olika slag utan också var de skulle kunna finna en närbelägen ankringsplats för båten så nära skolan som möjligt. Med erfarenhet från detta exempel, *The River Adventure*, gick CTGV-

gruppen så vidare och producerade en serie (*Jasper Series*) av korta (15–20 min.) videos där autentiska problem beskrevs. Studierna av elevers arbete med de videopresenterade uppgifterna har gett forskarna en möjlighet att studera framväxten av lärandemiljöer (*learning communities*) av ett annorlunda slag.

Naturvetenskapens karaktär

Ett stort engelsk forskningsprojekt *Evidence-based Practice in Science Education* (EPSE, 2004) får tjäna som exempel för det arbete som pågår världen över om bevisbaserad undervisning. Projektet omfattar flera *case-studies* och resultat har hittills rapporterats på konferenser som *work-in-progress*, se projektets webbsida (EPSE, 2004). Det övergripande syftet med projektet är att förbättra kopplingen mellan forskningsresultat och undervisning i skolan genom att utveckla och utvärdera exempel på bevisbaserade undervisningsinsatser. Man gör det via *case-studies* i samarbete med verksamma lärare för att kunna utvidga vår förståelse för hur lärare faktiskt stödjer sig på bevis i sitt handlande i klassrummet. Hittills har man sett en signifikant påverkan på lärares arbetssätt genom att de erbjudits nya undervisningsmaterial.

Ett exempel på undervisningsprojekt där den bärande idén är att elevers syn på naturvetenskap ska vara en explicit del av undervisningen rapporteras av Leach, Hind och Ryder (2003). De konstaterar att betydelsen av att synliggöra elevernas epistemologiska ståndpunkter i den naturvetenskapliga undervisningen är välkänd, men att det inte finns många utprovade sätt att göra det på. De har utvecklat och utvärderat korta undervisningsinsatser som kan genomföras i engelska skolor utan att göra om befintliga kursplaner. De behandlar fenomen som redan vanligtvis behandlas, men utifrån syftet att eleverna ska ges möjlighet att uttrycka sina epistemologiska idéer. Undervisningsinsatserna ledde till att vissa eleverna kom att uttrycka sina epistemologiska idéer tydligare. Leach, Hind och Ryder (2003) fann också att många elever inte riktigt förstod vad syftet med undervisningen var och att de fortfarande inte kunde förhålla sig till och använda de teoretiska modellerna i diskussioner om givna fenomen. De konstaterar att omvälvande förändringar inte är att vänta då insatserna endast omfattade en lektion. Vidare säger man sig komma att fortsätta att undersöka hur lärarnas egna epistemologiska grunder påverkar det sätt på vilket de använder undervisningssekvenserna. Man har preliminärt sett att detta har betydelse i en publicerad longitudinell studie av två lärare. Ett annat nyligen publicerat exempel på hur idéer om naturvetenskap kan inkorporeras i undervisningen är en studie av Bartholomew, Osborne och Ratcliffe (2004) som utgår från fem

olika dimensioner när de kritiskt utvärderar lärares undervisning om naturvetenskapens natur. De finner att ämnets komplicerade natur gör att eleverna måste engagera sig i reflekterande diskussioner för att undervisningen ska vara framgångsrik.

Undervisning baserad på idé- och naturvetenskapshistoria har utvecklats, genomförts och utvärderats. Det finns flera exempel på detta och översikter ges bl. a. av en organisation (*The International History, Philosophy, and Science Teaching Group*) som arbetar för att stärka forskning som tar utgångspunkt i naturvetenskapshistoria samt naturvetenskaplig filosofi och sociologi (Matthews, 2000). Ett exempel på projekt under senare tid är rapporterat av Galili och Hasan (2000) och de beskriver hur man genom att tydliggöra historiskt viktiga modeller i en experimentell undervisningssekvens i optik, kan underlätta elevernas begreppsutveckling. Kursen sträckte sig över ett år och signifikanta skillnader i jämförelse med andra elever rapporteras.

Implementering av forskningsresultat

Varje forskningsinriktning utvecklar sin speciella forskningskultur som definierar vad som ska anses vara god forskning. Det finns alltid en risk att undervisningsforskning fjärrar sig från skolans vardag. Detta gäller också forskningen om begreppsförståelse. Detta betyder att lärare i skolan inte får ta del av den forskning som de kanske skulle kunna utnyttja i det dagliga skolarbetet. Många lärare är mycket skeptiska till forskning om undervisning och lärande. De anser den vara irrelevant vad gäller förmåga att bidra till utvecklandet av en mer framgångsrik undervisning (Lijnse, 2000). Richard White (1998) menar att lärare inte bara förkastar sådan forskning, de ignorerar den. Det finns forskare som anser att detta beror på den tidigare forskningen inom kognitiv psykologi, där den experimentella designen ofta inte resulterat i något som kunnat bidra till skolans undervisning. Detta gäller dock i mindre utsträckning forskning om förståelse av naturvetenskapliga begrepp, som i stort varit ett svar på ett stort behov inom skolans undervisning (Duit & Treagust, 2003). Peter Fensham (2003) konstaterar i sin beskrivning av hur forskningsfältet växer fram att implementering – att ta forskningsresultaten in i undervisningsrummen – är något som rönt en ökad uppmärksamhet genom åren, men att det finns kvar att göra.

I Tyskland har genomförts en omfattande videostudie av fysikundervisning (Widido & Duit, 2002) inom det stora projektet *Bildungsqualität von Schule* (BIQUA, 2004). Av denna studie framgår att lärarna inte kände till något om den forskning om lärande och undervisning som finns presenterad i didaktisk

litteratur. Deras syn på lärande var mycket traditionell och opåverkad av didaktisk forskning. Aktuell klassrumsforskning har ganska liten inverkan på lärarnas undervisning i ovanstående studie. Det finns ett gap mellan vad forskningen anser och vad lärarna anser vad gäller naturvetenskaplig undervisning för bättre allmänbildning. Forskning har enligt Duit och Treagust (2003) visat att det är väldigt svårt att förändra lärares syn på sin egen undervisning såväl som hans/hennes sätt att praktiskt genomföra undervisningen. Det har också visat sig att det som fungerar bra i speciella forskningsprojekt ofta inte fungerar i skolans vardagspraktik. Det är dock nödvändigt att minska avståndet mellan teori och praktik. En kompetensutveckling där man utgår från lärarnas vardagserfarenheter av arbetet i skolan, kan vara ett sätt att få lärarna att se på undervisning och lärande på ett annorlunda sätt (Duit och Treagust, 2003).

Designbaserad forskning (*Design-based research*) engagerar en växande andel forskare. Enligt den inledande texten i ett temanummer i *Educational Researcher* (Design based research collective, 2003) definieras forskningsfältet som studier av lärande i aktuell kontext som är baserade på dels systematisk design av undervisningsstrategier och undervisningsverktyg, och dels på studier och uppföljning av dessa. Enligt artikeln så kan fem karaktäristika identifieras.

1. Målen för design av lärandemiljöer och utveckling av lärandeteorier är sammankopplade.
2. Utveckling och forskning sker genom kontinuerliga cykler av; design–genomförande/etablering–analys–förnyad design.
3. Designbaserad forskning ska leda till teorier som understödjer genomförande och vidareutveckling av undervisningsstrategin av andra genom att kommunicera relevanta implikationer.
4. Forskningen måste beskriva hur designade undervisningsstrategier faktiskt fungerar i en verklig kontext. Den måste inte bara beskriva fördelar och nackdelar, utan också fokusera den interaktion som bidrar till att utveckla förståelsen av de lärandeprocesser som berörs.
5. Utveckling av sådana beskrivningar utgår från metoder som dokumentera och koppla samman genomförandeprocesser med åsyftat utfall.

Det finns många problem med att forskningsmässigt uttala sig om genomförd undervisning. Möjligheten att generalisera mellan olika sammanhang och kontexter är liten. Inom den designbaserade forskningen adresseras detta genom att man betraktar undervisningsinterventionen holistiskt. Interventionen ses som etablerad genom den interaktion som sker mellan material, lärare och de lärande. Eftersom interventionen etableras som en produkt av den kontext där den implementeras blir den i sig ett utfall av betydelse som kan beskrivas teoretiskt. Många

gångar genomförs undervisning utvecklad via designbaserad forskning med hjälp av datorer. Med andra ord handlar det ofta om digitala lärandemiljöer som behandlas i nästa avsnitt (Design based research collective, 2003).

Teknologi – datorer

I detta avsnitt om teknologi i undervisningen kommer vi att koncentrera oss på användning av datorer. Linn (1998) ger en historisk exposé som inledning till avsnittet om utbildningsteknologi i *International Handbook on Science Education*. Hon identifierar spänningar mellan den teknologiska utvecklingen och undervisningseffektivitet som hon spådde skulle komma att utmana forskare i många år framåt. Linn skriver att det finns en etablerad konsensus om att förståelse av naturvetenskap innebär att kunna utveckla och använda naturvetenskapen i integrerade perspektiv på verkliga fenomen. Hon hävdar vidare att många uppmanar till att undervisningen ska vara elevaktiv, men har inga funktionella aktiviteter som kan fånga eleverna och hjälpa dem att utveckla kraftfulla idéer. Ett livslångt lärande förutsätter att man gör erfarenheter och ständigt modifierar, utvecklar och använder naturvetenskapliga idéer i nya sammanhang. Hon konstaterar också att inte alla modeller utvecklas och förfinas utan hänvisar till resultat som visat att många människor behåller och använder en repertoar av modeller. Ramverk baserade på lite olika syn på lärande (se ovan) som används för att utveckla undervisningsstrategier delas in i huvudgrupperna

1. Förklarande – som trycker på den berättande delen av undervisningen
2. Hands-on – som fokuserar den lärandes aktivitet i undervisningen
3. Socio-kulturellt/socialkonstruktivistiskt – som koncentrerar sig på de sociala sammanhangen för undervisningen

och det Linn (1998) kallar understödd kunskapsintegration (*Scaffolded Knowledge Integration*) som söker förena de tre perspektiven. Linn menar att det berättande perspektivet som tidigare dominerat undervisningen kom att avta drastiskt efter att Piaget och Bruner funnit att de lärande behöver konkreta erfarenheter för att utveckla ett naturvetenskapligt tänkande och att studier i logik med hjälp av t. ex. latin och geometri inte var tillfyllest. Det utvecklades flera projekt med undervisningsstrategier som tog hjälp av datorer, t. ex. sådana som utnyttjade datainsamling i realtid med hjälp av utrustning vidareutvecklad från utrustning i forskningslaboratorier för att nå lägre kostnader i skolsammanhang. Problem som identifieras därefter var att få *hands-on* till att även bli *minds-on*.

Mer socialt inriktade perspektiv bidrog i detta sammanhang med t. ex. distribuerad kognition. Detta innebär att varje elev kommer att bli expert på någonting och att det därför är effektivt att lära av varandra (peer instruction), eller att man deltar i stora sammanhang i verkliga problemställningar i samhället. Linn rapporterar också om projekt som konstaterade att samarbete i undervisningen tenderade att generera problem med jämställdhet (Linn 1998, s. 273). Det perspektiv som söker förena de ovan nämnda tar sig uttryck i projektet *Scaffolded Knowledge Integration* som Linn (1998) ger som ett exempel. Hon menar att mot att man är överens om att det måste till en minskning av stoffet i undervisningen för att nå högre kvalitet står det faktum att naturvetenskapen utvecklas snabbt och att ny kunskap hela tiden genereras. Ny mer avancerad kunskap behöver komma in i skolan så att undervisning på högre stadier kan komma längre på kortare tid.

Att komma tillrätta med en stegrande informationsökning är ett problem som naturvetenskaplig undervisning måste hantera, menar Linn (1998). En väg framåt är att använda datorer med vilkas hjälp elever och studenter kan arbeta på nya sätt med informationsökning, simuleringar, datainsamling i kombination med experiment. Diskussioner mellan de lärande själva och med naturvetenskapliga lärare och forskare behöver också understöd då det finns för många elever och studenter. Även här finns också möjligheter att utveckla undervisningen med hjälp av datorstöd. Linn (1998) avslutar med att konstatera att gränsen mellan noviser och experter blir mer flytande och den teknologiska utvecklingen gör specialisering mer och mer nödvändig. Detta betyder att behovet av autonomt livslångt lärande ökar då dagens elever och studenter kommer att byta arbete många gånger under sin verksamma tid. Hon avslutar med att konstatera att undervisningsstrategier som fokuserar detta behöver fortsätta att utvecklas.

Andra artiklar om undervisningsteknologi i handboken beskriver olika delar av utvecklingen och användningen av datorer inom undervisning. Barbara White (1998) beskriver hur speciella programvaror gör det möjligt för elever att modellera fram egna simuleringar av naturliga fenomen. Detta kan väsentligt öka deras insikter i naturvetenskapligt arbetssätt och modellering, om undervisningen anpassas så att eleverna kan ta till sig de simulerade modellerna och göra dem till sina egna. Hon konstaterar dock att det kvarstår utmaningar när det gäller implementeringen av dessa undervisningsstrategier i skolor, och att mer utvecklingsarbete behövs för att göra material tillgängligt för lärare i skolan.

Edelson (1998) presenterar ett speciellt case study-projekt (*CoVis*) och tar i allmänna ordalag upp hur teknologi kan användas för att stödja genomförande av autentiska projekt (*socioscientific issues*) i Na-klassrummen. Han konstaterar

att forskare har lärt sig att teknologin inte ensam är lösningen utan att det behövs minutiöst utarbetade undervisningsstrategier och att det i dessa finns utrymme för både elevaktiva och informerande inslag. Songer (1998) beskriver hur internet kan användas för att göra naturvetenskapen global i klassrummet. *The Kids as Global Scientists Project* gav elevgrupper världen över möjlighet att samverka med varandra kring beskrivningar av pågående naturvetenskapliga undersökningar och fenomen, vilket gav möjlighet för eleverna att utveckla en mer personlig förståelse av naturvetenskapen. Framgången beror enligt henne främst på att eleverna hade rollen av reportrar och deltagare, snarare än informationsmottagare, och att kommunikation mellan olika elevgrupper på olika platser i världen stimulerade eleverna till starkt engagemang för den naturvetenskapliga diskussionen. Avgörande var också möjligheten för eleverna att individuellt kunna påverka upplägget och göra personliga tolkningar och framställningar.

In en artikel om hur ankarmodellen, en konstruktivistisk undervisningsmodell som ursprungligen utvecklats för datalogiundervisning, kan anpassas för undervisning i naturvetenskap beskriver Sherwood, Petrosino och Lin (1998) hur modellen med tillhörande designprinciper används i olika projekt för att utveckla undervisningsstrategier och hur dessa strategier kan implementeras. De avslutar med att påpeka att en framgångsrik implementering i skolor innebär stort förändringsarbete hos såväl elever som lärare. Lärarna behöver bli mer handledare och eleverna behöver utveckla sin förmåga att under handledning själva driva sitt lärande framåt. Spitulnik, Stratford, Krajcik och Soloway (1998) går igenom hur en digital lärandemiljö kan understödja elever/studenter att uppnå naturvetenskaplig allmänbildning genom att arbeta frågebaserat (inquiry) och genom att representera sin förståelse med dynamiska modeller och hyperdokument. De hävdar att under processen att skapa modellerna och hyperdokumenten utvecklar eleverna en sammansatt förståelse av begrepp och fenomen för olika sammanhang.

Schecker (1998) beskriver hur elever och studenter i laborativt arbete fritt kan kombinera mikrodatorbaserad mätvärdesinsamling, modellering och *spreadsheet*-hantering med hjälp av datorer. Det leder till att mätning naturligt kopplas samman med matematisk och begreppslig modellering. Undervisningsteknologi visas därmed kunna sammanföra experimenterande och teoretiskt analysarbete. Möjligheten att använda bärbara datorer har undersökts, med fokus på lärande, studentattityder och lärares kompetensutveckling, i flera olika länder. McFarland och Friedler (1998) beskriver detta i den sista artikeln i handbokens kapitel. De avslutar med att konstatera att tillgängligheten till kraftfulla bärbara datorer med färgskärmar och CD-ROM kommer att öka och att andra begränsningar i stället kommer att bli de man behöver fokusera på. Främst poängterar

de utvecklingen av strategier för undervisning som gör det möjligt för lärare att faktiskt använda datorer i sin dagliga undervisning.

Utvecklingen inom området har fortsatt efter det att handboken trycktes 1998. Vi kan konstatera att i en översiktsartikel som Linn (2003) publicerar fem år efter handboksartikeln konstaterar hon att utvecklingen på datorsidan har fortsatt att vara explosionsartad, och att det har givet upphov till nya lärande- och undervisningsmöjligheter, speciellt inom naturvetenskapen, som hela tiden varit tydligt kopplad till utvecklingen av datorer. Denna utveckling har även möjliggjort nya forskningsmetoder inom Na-didaktiken och lett till att många olika digitala lärandemiljöer (*Learning environments*) har utvecklats. De utgörs av sammanhängande undervisningsmaterial med utvecklat digitalt stöd för bättre undervisning, utvärdering och lärande. Kraftfulla och stabila system har utvecklats som rymmer möjligheter för lärare att anpassa och där elever och studenter kan genomföra komplexa projekt, se t. ex. Barab och Luehmann (2003) och Linn, Davies och Bell (2004). Dessa lärandemiljöer rymmer även moduler speciellt utvecklade för forskningsändamål, som t. ex. loggning av studentaktiviteter, möjligheter att göra jämförelser och att följa enskilda studenters utveckling, vilket har skapat behov av nya forskningsmetoder, t. ex. Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer och Schaubel (2003). Just möjligheten att anpassa datorbaserade undervisningspaket till specifika situationer kommer att öka och forskare kommer att utveckla nya metoder för att beforska detta (Linn, 2003).

Projektet *The Web-based Inquiry Science Environment* (WISE, 2004) är ett exempel på en digital lärandemiljö som också etablerats i en nordisk variant *Virtual Environments in Science* (Viten, 2004) i Norge. Viten har undervisningssekvenser skrivna på norska för det norska sammanhanget. Vissa har sitt ursprung i det amerikanska WISE och vissa är nyskrivna för en nordisk kontext. Inom projektet arbetar man både med att etablera Viten i norska skolor som en utveckling av befintlig undervisning och med att beforska det som då händer i klassrummen (Jorde, 2003) Viten rapporteras vara en framgångsrik digital lärandemiljö som entusiasmerar eleverna både för naturvetenskapen i sig och för användning av datorer.

Som Schecker (1998) konstaterade så är realtidsexperiment med datorbaserad datainsamling en annan mycket framgångsrik gren av undervisningsutvecklingen och den har fortsatt in på 2000-talet (McDermott, 2001). Flera projekt har också genomförts där mätdatainsamling kombinerats med datorsimulering i laboriemiljö med undersökningsbaserad verksamhet, t. ex. inom det europeiska projektet *Labwork in Science Education*. Zacharia (2003) beskriver hur detta undervisningssätt även stimulerar uppfattningar och attityder hos studenter och menar att det är en viktig komponent i utbildning av naturvetenskaps-

lärare eftersom det ger dem verktyg att använda i sin egen framtida undervisning i naturvetenskap. I en undervisningssekvens om termisk jämvikt så kombinerar Clark och Jorde (2004) datasimulering med explicita hänvisningar till hur eleverna har upplevt att saker känns. De finner att introduktionen av taktila modeller stimulerar eleverna att göra kopplingar mellan tidigare upplevelser och idéer (jfr Grayson, 2004 och ovan) och de nya teoretiska beskrivningarna av termisk jämvikt, vilket leder till effektivare undervisning.

Det finns en väl dokumenterad implementeringsproblematik, se t. ex. det Europeiska projektet *Science teacher training in an information society* (STISS, 2001) och Harlen (1999), för användning av alla typer av forskningsbaserade undervisningsstrategier utvecklade av forskare som diskuterats ovan och detta gäller även de som är datorbaserade. Lavonen, Aksela, Junit och Meisalo (2003) konstaterar att det är känt hur framgångsrikt det kan vara att använda mikrodatorbaserade laborationer, men konstaterar att det i dag inte används på många ställen. De beskriver hur de forskningsbaserat arbetar med att vidareutveckla ett programpaket som används i skolor. De undersöker hur lärare upplever användningen av den mikrodatorbaserade laborietrustningen och hur dessa uppfattningar kan användas för att vidareutveckla datorprogrammen. Lavonen, Aksela, Junit och Meisalo (2003) visar genom faktoranalys på betydelsen av att programmen är användarvänliga både avseende praktiskt handhavande och hjälpfunktioner.

Lärandemiljöer

Fraser (1998) som skrivit inledningskapitlet i *International Handbook on Science Education*, ger historik, nuläge och visioner för fortsatt forskning om lärandemiljöer, med viss tonvikt på kvantitativa forskningsansatser, men han konstaterar också att många ser kombinationen av kvantitativa och kvalitativa metoder som en väg att utveckla forskningen inom utbildningsvetenskapen. Tobin (1998) går igenom den historiska utvecklingen och trycker på ett par saker, bl. a. att den traditionella uppdelningen mellan klassrums- och skolfokuserad lärandemiljöforskning är olycklig och nog skulle luckras upp. Han ger en översikt över de mest kända forskningsinstrumenten och kommenterar deras användning, speciellt lyfter han fram behovet av att tydligt skilja mellan klass och individ, samt att individer i en klass inte självklart kan behandlas som delar av en grupp. Inför framtiden ser han tre olika delar att utveckla. Först kombinationen av kvantitativa och kvalitativa forskningsmetoder, sedan att beskriva förändringar mellan lärandemiljöer när grupper passerar genom utbildnings-

systemet, t. ex. mellan grundskola och gymnasieskola, och slutligen att fler studier som omfattar lärandemiljöer i olika länder genomförs. Han pläderar för ett antal konkreta åtgärder

1. att utvärderingar av lärandemiljöer ska användas tillsammans med resultat av lärandestudier för att ge information om subtila aspekter på livet i klassrummen
2. att elevers uppfattningar om lärandemiljöer, som systematiskt skiljer sig från lärares, ska bokföras
3. att lärare bör arbeta för att utveckla produktiva lärandemiljöer enligt rådande forskningsresultat, t. ex. mer organisation, samsyn, tydliga mål och liten friktion
4. att klassrumsmiljöer skulle ändras så att de i större utsträckning motsvarar elevernas önskemål för att få bättre läranderesultat
5. att resultat från studier av lärandemiljöer ska användas vid utveckling av läroplaner och kursplaner för att bygga på mätningar av klassrumsprocessers effektivitet
6. att lärare använder resultat från tidigare studier och tidigare utvärderingsinstrument i sin egen utveckling av lärandemiljöer
7. att skolpsykologer bör använda resultat av lärandemiljöstudier i sitt arbete med att hjälpa lärare att ändra sin undervisningsstil.

Övriga artiklar i handbokskapitlet om lärandemiljöer tar upp ett antal olika inriktningar inom fältet. Wubbles och Brekelmans (1998) går igenom forskning om hur lärare kan bidra till ett positivt socialt klimat i naturvetenskapliga klassrum genom sitt sätt att växelverka och kommunicera med eleverna. Det sätt på vilket lärare samspelar med eleverna är viktigt. Klassrumsstudier ger information om elevers lärande, disciplinproblem, lärares risk för utbrändhet osv. Olika metoder att samla data om samverkan mellan elever och lärare beskrivs och en konstaterad betydelse av affektiva variabler understryks, speciellt i s.k. ”konstruktivistiskt” klassrum där känslor blir mer framträdande. I framtiden bör fokus läggas på att särskilja mellan lärares beteende gentemot hela klasser och enskilda elever. Sådant fokus kan också ge intressanta resultat avseende aspekter av jämlikhet i klassrummen.

McRobbie, Fisher och Wong (1998) diskuterar skillnaderna mellan enkäter som behandlar hela klassrummets miljö och de som riktar in sig mot enskilda elevers uppfattning av sin egen roll i klassrumsmiljön. Individuella enkäter är bättre för kartläggning av arbetet i mindre grupper i klassen och för uppföljning av individuella elever i klassen. Man rapporterar om skilda resultat från klass-

och individenkäter, som belysts med hjälp av intervjuer. Respektive typ av enkät ger signifikanta resultat som den andra inte ger information om. Man konstaterar dock att utvecklingen av enkäter riktad mot individuella elevers uppfattning av sin roll måste utvecklas vidare och att mer forskning om detta behövs.

I en artikel om laboratoriemiljöer skriver Arzi (1998) att lab-arbete är såväl mål som väg för naturvetenskaplig utbildning och att man med fördel kan organisera klassrum så flexibla att annan undervisning och laborationer kan kombineras. Hon diskuterar resultat från en *case-study* av naturvetenskapligt utbildningscenter i Tel Aviv och finner där stöd för att hävda att skolsalar och skolor bör konstrueras med tanke på innehållet i verksamheten, och understryker laboratoriearbetets betydelse inom naturvetenskapen.

Shapiro (1998) beskriver i sin artikel hur lärandemiljön kan utvidgas till att omfatta även tecken, symboler, koder och regeluppsättningar, vilka har betydelse för lärandet och undervisningen. Hon beskriver vidare hur semiotiken som forskningsansats har utvecklats och belyser det med att diskutera resultat från ett antal *case-studies*. Hon menar att med ett semiotiskt perspektiv så kan man lättare följa att den som genererar tecken och symboler inte alltid följer samma kodsysteem som mottagaren.

Sista artikeln i handboksavsnittet av Tobin och Fraser (1998) går igenom olika teoretiska perspektiv som ligger till grund för forskningen inom fältet och dess metoder. De pläderar starkt för att en kombination av kvantitativa och kvalitativa metoder är att föredra när lärandemiljöer beforskas. Tobin och Fraser styrker sin ståndpunkt med resultat från en kvalitativ *case-study* som kompletterats med en kvantitativ enkät för att kunna studera miljöer på olika nivåer. Enkäten delades ut dels i den klass där den huvudsakliga kvalitativa undersökningen genomfördes, och dels i andra klasser inom den skolan, samt i klasser från andra skolor i samma stat.

Det är tydligen någonting i arbetet med laborationer som eleverna upplever som positivt och stimulerande. Detta gäller även elever som annars uttryckte ett svalt intresse för naturvetenskap. Det skulle alltså finnas goda möjligheter att utgå från detta positiva intresse och utveckla laborationerna i naturvetenskap till att bli ett värdefullt inslag i skapandet av goda miljöer för lärande (Lindahl, 2003). Det kan möjligen vara så att elever uppfattar arbete med experiment och laborationer som en öppning mot mera utrymme för deras agerande.

Det finns dock en risk att elever föreställer sig att naturvetenskaplig verksamhet endast innebär att göra experiment. Det praktiska arbetet handlar inte här bara om arbete med konkret material. Det ger också läraren en möjlighet att både kommunicera information och föreställningar om naturfenomenen och hjälpa eleverna att utveckla sin förståelse av den naturvetenskapliga metoden.

Målet med praktiska inslag i naturvetenskap är att hjälpa eleverna att koppla samman det observerbara med de teoretiska beskrivningarna av fenomenen (Millar, Le Maréchal & Tiberghien, 1999).

White (1996) framför liknande synpunkter men menar att problemet är att det saknas en tydlig koppling mellan den teoretiska undervisningen och laborationen eller exkursionen. Forskning har visat på den positiva effekten av en medveten strategi att utforma laborationen eller exkursionen så att eleverna ser kopplingen till tidigare teoretisk genomgång. Svårigheten ligger i att två elever kan ha varit med om samma laboration eller exkursion men bara en av dem ser kopplingen till lärarens genomgång eller till texten i läroboken. Ett annat inslag som White menar vara en viktig del av lärandet i samband med laborationer är anknytningen till andra ämnen och ämnesområden som även kan ligga utanför det naturvetenskapliga fältet. En tydligt uttalad sådan koppling kan också medföra att eleverna ser meningen med laborationen eller exkursionen.

I länder med en etablerad tradition med praktiska inslag i naturvetenskaplig undervisning, har man dock funnit att elever för ofta misslyckas att lära sig det som var avsikten med det praktiska arbetet till exempel i form av en laboration. Eleverna får vanligen arbeta med en frågeställning som läraren introducerat. De arbetar sedan utifrån deras tolkning av lärarens uppgift. Denna tolkning behöver inte stämma överens med de undervisningsmål som läraren tror att eleverna arbetar för. Den uppgift som eleverna löser är därmed vad man kan kalla en utvidgad uppgift (*whole task*). Det finns många kringfaktorer som påverkar laborationen förutom själva uppgiften. Om elever exempelvis får arbeta med samma laboration i fritidsmiljö och i skola, blev resultatet helt olika (Newman, Griffin & Cole, 1989). Även om läraren finner resultatet av en laboration vara framgångsrikt, är det alls inte säkert att eleven lärt sig det som läraren väntat sig. Man kan alltså lägga kritiska synpunkter på resultatet av det praktiska arbetet i skolan under laborationer och liknande aktiviteter men det kan inte desto mindre vara ett viktigt inslag i skapandet av goda miljöer för lärande i naturvetenskap.

Jenkins (1999) menar dock att det är arbetet med konkret material inne i laboratoriet eller ute i fält, som kan ge eleven en känsla för de fenomen som naturvetenskapen försöker förstå och förklara. Han anser också att åtminstone vissa praktiska aktiviteter hjälper elever att förstå hur svårt det är att skaffa sig tillförlitlig kunskap om naturen. Risken är enligt Jenkins att elever uppfattar arbetet på laboratoriet som att det endast innebär att göra experiment. I stället har det att göra med att planera och genomföra en undersökning som innefattar fantasi, kreativitet, teknik, samarbete som kan resultera i framgång eller misslyckande.

White (1996) menar att man inte ska undervärdera betydelsen av enskilda episoder som den ovanstående och deras långsiktiga betydelse för utvecklingen av förståelsen. Vid analys av longitudinella studier av lärande i ekologi och fysik har det också visat sig hur mycket enskilda episoder kan betyda för lärandet (Helldén & Solomon, 2004).

Forskning om lärarutbildning i naturvetenskapliga ämnen

Med tanke på den centrala roll som lärarutbildningen har ansetts spela inom utbildningsväsendet, menar Anderson och Mitchener (1994) att det finns förhållandevis lite forskning publicerad om utbildning av lärare i naturvetenskapliga ämnen. Detta gäller särskilt utbildningen av lärare i naturvetenskap som ska arbeta med de yngre barnen. Man tänker sig att detta möjligen kan bero på den komplexitet som karakteriserar lärarutbildningen. Studier av lärarutbildning bör omfatta både ämnesutbildningen och den didaktiska utbildningen samt den verksamhetsförlagda delen. Anderson och Mitchener anser att både lärarutbildningen och forskningen om utbildningen i större utsträckning skulle förläggas ute i skolorna. Även om författarna i huvudsak refererar till amerikansk skola, har liknande synpunkter förts fram av lärarutbildare i Europa.

Det är just en del av lärarutbildningens komplexitet som Lotta Lager-Nyqvist (2003) har studerat i det forskningsprojekt som hon redovisar i sin doktorsavhandling – *”Att göra det man kan – en longitudinell studie av hur sju lärarstudenter utvecklar sin undervisning och formar sin lärarroll”*. Hon följer lärarstuderande under utbildningen för att sedan besöka dem ute i skolorna där de har sin första tjänst. De hade genomgått basårsutbildning och påbörjade därefter sin utbildning till lärare i matematik och naturvetenskap för undervisning i årskurs 4–9 i grundskolan. Lärarstudenterna får ge uttryck för sina tankar om lärarrollen, undervisningens form och innehåll samt om den verksamhetsförlagda delen av utbildningen med ett särskilt fokus på laborationer. De flesta lärarstudenterna i denna undersökning har negativa erfarenheter av undervisning i naturvetenskap från sin egen skoltid. I början av utbildningen uttrycker de en önskan att deras elever inte skulle få göra samma negativa upplevelser som de själva hade gjort. De har alltså mycket goda ambitioner inför sin lärarutbildning. När Lager-Nyqvist besökte sina före detta lärarstuderande ute på deras arbetsplatser finner hon att de i de flesta fall undervisade efter det mönster som var etablerat i den skola som de kom till. De genomför en undervisning som de kände igen från sin egen skoltid och från praktikperioderna under lärarutbildningen. Lärarutbildningen hade tydligen inte gett dem som lärarstuderande möjlighet att utveckla sin förmåga att skapa en annorlunda undervisning i enlighet med ämnesdidaktiska mål och skolans styrdokument.

Skamp och Mueller (2001a; 2001b) hävdar att tidigare forskning visat att många lärarstudenter har en väl etablerad uppfattning om lärande och undervis-

ning redan då de påbörjar sin lärarutbildning. De utgår gärna från erfarenheter från sin egen skolgång då de ska genomföra undervisning inom lärarutbildningens verksamhetsförlagda del. Skamp och Mueller anser att det är viktigt att lärarutbildningen tar upp detta problem till kritisk granskning under utbildningen, eftersom det har visat sig att lärarstuderandenas tidigare erfarenheter av undervisningsmiljöer har varit en viktig orsak till att de inte utvecklat sin syn på undervisning. Skamp och Mueller genomförde en longitudinell intervjustudie av hur olika faktorer påverkar lärarstuderandes uppfattning om vad som karakteriserar en bra lärare. Inflytandet från lärarstudenters egen skolgång avtog genom åren, medan universitetsutbildningen och den praktiska utbildningen i allt större utsträckning och i lika omfattning påverkade lärarstudenternas föreställningar om vad som karakteriserar en bra lärare. Bland universitetskurserna var det framför allt metodikkurser som påverkat lärarstudenternas föreställningar.

Som resultat av en annan studie konstaterar Bryan och Abell (1999) att man tidigt i lärarutbildningen bör ta upp den studerandes egna erfarenheter av undervisning i naturvetenskap. Det man själv har upplevt har stor betydelse för hur man tänker om lärande och undervisning. Bryan och Abell menar att egna erfarenheter kan underminera de positiva erfarenheter som lärarutbildningen skulle kunna ge. Skolpraktiken kan läggas upp så att lärarstudenten konfronterats med praktisk undervisningserfarenhet. Då får de en djupare förståelse av undervisningens villkor. Man hävdar att det behövs mycket forskning om betydelsen av lärarstudenters tidigare erfarenheter för deras lärarroll.

Margareta Ekborg (2002) redovisar i sin doktorsavhandling en longitudinell studie av hur lärarstuderande på 1–7-utbildningen utvecklar för miljöundervisning relevanta kunskaper i naturvetenskap. Dessutom ville hon veta hur deras resonemang i komplexa frågor utvecklas vilket också kunde innebära etiska överväganden. En majoritet av studenterna kunde inte förklara för miljöundervisningen viktiga begrepp och processer. Studenterna hade problem att resonera om komplexa frågor. I dialog med studenterna fann Ekborg att de ansåg sig inte behöva ämneskunskaper med begreppsförståelse. Som blivande lärare i de lägre årskurserna ansåg de att det fanns andra saker som de behövde för sin framtida lärargärning. Ekborg menar att det är viktigt att man genom dialog med studenterna diskuterar deras inlärningsprojekt, för att de ska förstå att de kan ha stor nytta av att tillägna sig förståelse av naturvetenskapliga fenomen. Samtidigt är det viktigt att reducera stoffmängden.

Anderson och Mitchener (1994) anser att i all lärarutbildning oavsett vilken inriktning den har, ska det finnas ett uttalat inre perspektiv som ger möjlighet till kommunikation, reflektion och utveckling. Lotta Lager-Nyqvist (2003)

anser att hennes undersökningsgrupp inte fick ta del av någon uttalad övergripande inriktning av vad lärarutbildningen särskilt ville betona och eftersträva.

Under de sista årtiondena har det skett en snabb utveckling av lärarutbildningen i naturvetenskap i Europa. Gemensamt för utvecklingen i de olika länderna är ett utökat intresse för forskning om lärares tänkande om undervisning, särskilt vad gäller lärares föreställningar om undervisning och lärande. En anledning till intresset för forskning om lärarutbildning är rapporterna om lärares svaga ämneskunnande (De Jong, Korthagen & Wubbels, 1998). Det finns forskning som visar att lärarstudenter och lärare kan ha samma sorts vardagsföreställningar som elever, om än inte i samma utsträckning (Cochran & Jones, 1998).

När det gäller den speciella ämnesrelaterade kompetens som lärarstudenter bör tillägna sig under lärarutbildningen, är det vanligt att man refererar till Lee S. Shulman och begreppet *Pedagogical Content Knowledge*, förkortat PCK (Shulman, 1987). Detta begrepp ska ange den specifika kunskap som en lärare bör ha. De tre aspekter som Shulman för fram är sammanfattningsvis (Zetterqvist, 2003) 1. Kunskaper om metoder för att representera ämnesinnehållet så att det blir begripligt för andra. 2. Kunskaper om vad som gör området lätt eller svårt att lära. 3. Kunskaper om vilka strategier som är fruktbara för att utmana elevers förståelse.

Särskilt i den anglo-amerikanska forskningstraditionen har genomförts ett flertal studier på senare år om PCK i anslutning till ämnesundervisning (Gess-Newsome & Lederman, 1999). Flera artiklar ägnas åt PCK i utbildningen av lärare i naturvetenskap.

Zetterqvist (2003) och Lager-Nyqvist (2003) diskuterar värdet av att sammanfatta lärares och lärarstudenters speciella kompetens i relation till PCK. Zetterqvist menar att det behövs ett PCK-liknande begrepp för att klargöra de kunskaper som behövs att undervisa och utveckla undervisning inom ett speciellt ämnesområde för en viss grupp elever, vilket hon kallar ämnesdidaktisk kompetens.

Zemba-Saul, Starr och Krajick (1999) beskriver hur undervisning i PCK organiserades för lärarstudenter som skulle undervisa på skolans lägre stadier. Lärarstudenterna fick parallellt med sina ämnesstudier arbeta parvis med att planera undervisningsupplägg. De hade tillgång till särskilda datorprogram som underlättade deras arbete. Resultatet redovisades bland annat i form av begreppskartor. Lärarstudenterna fick sedan möjlighet att genomföra den planerade undervisningen praktiskt. På ett framgångsrikt sätt knöts ämnesteorin, pedagogik, didaktik och praktik samman till en enhet, PCK.

Det växande intresset för forskning om lärarutbildning i naturvetenskap stimuleras av nyare perspektiv på lärande och undervisning under de senaste

årtiondena. Detta gäller särskilt det konstruktivistiska perspektiv som Driver, Asoko, Leach, Mortimer och Scott gav uttryck för i sin artikel i *Educational Researcher* 1994, som beskriver lärande som en dynamisk och social process. Trots att begreppsforskningen med fokus på *conceptual change* har fått utstå en kraftfull kritik, så har den fortsatt att ha stort inflytande på didaktisk forskning (De Jong et al. 1998).

I många europeiska länder har ansvaret för lärarutbildningen i allt större utsträckning flyttats från universitet och högskolor ut till skolorna. Detta har motverkat utvecklingen av en forskningsbaserad lärarutbildning där man tar stor hänsyn till lärarstuderandes föreställningar om lärande och undervisning i naturvetenskap. En konsekvens av denna förändring blir att det snarare är klassrumsaktiviteterna än elevs lärande i naturvetenskap som kommer i fokus. Emellertid kommer denna utveckling också att innebära att man i högre utsträckning måste ägna tid och resurser åt att forskningsmässigt studera den mera praxisnära utbildningen. Northfield (1998) anser att alla nivåer inom lärarutbildningen borde ge hög prioritet vad gäller utvecklandet av en mera enhetlig samordning mellan den rent akademiska utbildningen och den verksamhetsförlagda delen av lärarutbildningen. De studerandes erfarenheter av den verksamhetsförlagda delen av lärarutbildningen har stort inflytande på deras utveckling under utbildningen. Ändå har inte forskningen ägnat sig åt detta. Länken mellan akademisk utbildning och den praxisnära delen inom lärarutbildningen är inte lika väl definierad som inom exempelvis läkar- och advokatutbildningen (Northfield, 1998).

Då forskning om lärarutbildning redovisas i handböcker av olika slag så handlar en stor del av redovisningar om det som vi brukar kalla fortbildning och kompetensutveckling av lärare där man fokuserar lärares kunnande i naturvetenskap. Dessa studier visar att det råder stora brister i lärares kunnande särskilt bland de lärare som undervisar barn i yngre åldrar. Även lärare som till synes hade en god ämnesmässig utbildning, kunde ge uttryck för föreställningar om naturvetenskapliga fenomen som inte överensstämmer med vetenskapssamhällets uppfattningar (De Jong et al. 1998).

I ett kapitel i *International Handbook of Science Education* behandlar Cochran och Jones (1998) den kunskap i naturvetenskap som en lärarstuderande bör tillägna sig. Det begrepp som användes inom den engelskspråkliga världen är *subject matter knowledge*. Begreppet omfattar sådant som vi brukar kalla ämneskunskap men dessutom *learners' and teachers' feelings about various aspects of the subject matter*. Man menar att mycket få studier har ägnats åt att relatera lärarens kunnande inom ovanstående område till undervisningsstrategier. Man är överens om att ämneskunnande är viktigt men det behövs forskning om vad

som verkligen behövs på olika stadier i skolsystemet. Det varierar i struktur beroende på vilket ämnesområde som ska behandlas. Det finns också en skillnad mellan naturvetenskapliga ämnen i relationen till den undervisningsstrategi som ska användas. Man efterfrågar longitudinella studier för att få veta mer om den pedagogik som är mest framgångsrik. Avslutningsvis menar man att det finns ett stort behov av fördjupat samarbete mellan forskare i naturvetenskapliga discipliner, erfarna lärare och forskare i de naturvetenskapliga ämnenas didaktik (Cochran & Jones, 1998). Ett utvecklat samarbete efterfrågas också av Sweeney och Paradis (2004). Man menar att lärarutbildare i naturvetenskapernas didaktik ska arbeta aktivt för att knyta kontakter med forskare i naturvetenskapliga discipliner och vice versa för att förbättra kvaliteten på postgymnasial undervisning. Vidare argumenterar man för att bedömningen inom naturvetenskaplig lärarutbildning i högre utsträckning ska genomföras på ett autentiskt sätt. Man talar sig också varm för en kompetensutveckling bland lärande med en liknande utgångspunkt.

Forskning om synen på skolans naturvetenskap

I stora delar av världen är frågor om *curriculum och assessment* stora och viktiga. Detta kan bero på att läroplaner/kursplaner i många länder är mycket detaljerade och direkt styrande av undervisningen med anvisningar om vad som ska göras i varje årskurs och dessutom hur undervisningen ska genomföras. Samtidigt finns det i många länder en stark tradition att på nationell nivå testa alla elevers kunskaper och färdigheter, utvärdera undervisningen samt genomföra gemensam examination. Avsnitten i *International Handbook of Science Education* handlar om hur synen på undervisningens innehåll och genomförande förändrats under årens lopp samt hur man genomfört och utvärderat stora projekt för att åstadkomma en förändring. Eftersom mycket av detta redan har redovisats under lärande och undervisning tar vi här främst upp problematiken kring och argumentation för ett förändrat innehåll i undervisningen samt några stora internationella utvärderingar.

Utveckling av läroplaner, kursplaner och undervisning

Huvudförfattaren, Jan van den Akker (1998), skriver i kapitlet om läroplaner i *International Handbook of Science Education* att ”bland alla abstrakta begrepp inom utbildning tillhör nog ‘curriculum’ det mest svärfångade”. Han säger också att det är klargörande att skilja mellan beskrivningar på olika nivåer som den visionära, den formellt skrivna, den tolkade, den genomförda, den upplevda och den uppnådda. Bakgrunden till läroplansreformer är oftast en önskan att minska skillnaden mellan nya idéer och nuvarande undervisning. De klassiska frågorna i en läroplansreform är vilket kunskap som ska vara central i de naturvetenskapliga kurserna och hur man ska utveckla undervisningsmateriel och implementera detta.

I slutet av 50-talet drabbades västvärlden men framförallt USA av ”Sputnikshocken” vilket i sin tur ledde till en omprövning och krav på förändringar av den naturvetenskapliga undervisningen. Bara i USA satsades ca 2 miljarder dollar på utvecklingsprojekt genom *National Science Foundation* (NSF). Avsikten var att förändra undervisningens mål och innehåll mot en tyngdpunkt på ämnens struktur och den naturvetenskapliga metoden. Exempel på projekt är

Physical Science Study Committee (PSSC) riktat mot äldre elever och *Science Curriculum Improvemnet Study* (SCIS) mot yngre elever i USA och *Nuffield Science Courses* för alla elever i England. Satsningar i andra länder var mer måttliga, ofta en översättning och utveckling av de amerikanska och engelska projekten (van den Akker, 1998). Exempel från Sverige är Låg- och Mellanstadiets Naturvetenskap (LMN) som utvecklades från SCIS (Andersson, 1989). En sammanfattande utvärdering av dessa stora projekt visar att de haft en måttlig påverkan eftersom spridning och användning av undervisningsmaterialet var begränsad, det sätt materialet användes inte stämde med intentionerna bakom och det är oklart om lärandet påverkades (Wahlberg, 1991). Samtidigt åstadkom projekten en modernisering av innehållet i fysik och kemi, en framväxt av biologi som eget ämne, en betoning av praktiskt arbete samt att ämnena introducerades i lägre skolår (Keeves & Aikenhead, 1995).

Nästa stora förändring av kursplanerna utgick från en medvetenhet om elevers dåliga kunskaper om och bristfälliga förståelse av naturvetenskapliga fenomen. Denna våg präglas mer av eftertanke och förslag på hur man ska lösa specifika problem än av stora projekt. Man hade konstaterat att kraven i de stora projekten var för högt ställda på både elever och lärare (Wahlberg, 1991). Lärare på de lägre stadierna tyckte att lektionsförberedelserna var svåra och tidskrävande, att de saknade kunskaper och erfarenhet i naturvetenskap, att de hade svårt att förändra lärarrollen till ett undersökande arbetssätt samt att det var tveksamt vad eleverna lärde. Även lärare på högre stadier hade svårt att förändra lärarroll och sin kritpedagogik eftersom de såg som sin huvuduppgift att förmedla kunskaper och förbereda eleverna för framtida studier (Harlen, 1985; van den Akker, 1988). Samhälligt engagemang och miljöfrågor blev en drivande kraft för att öka förståelsen för hur naturvetenskap, teknik och samhälle påverkar varandra. Här skulle eleverna inte enbart lära sig uppskatta naturvetenskapen i samhället utan också se dess begränsningar. Sådana kunskaper skulle göra ungdomarna till bättre beslutsfattare i framtiden. Andra krav var att inkludera historiska och kulturella aspekter i undervisningen. Dessa ambitioner går under olika namn som *Science and Technology and Society* (STS), *Scientific Literacy* (SL), *Scientific and Technological Literacy* (STL), *Public Understanding of Science* (PUS), *Public Understanding of Science and Technology* (PUST) (Levinson & Thomas, 1997; Sjöberg & Kallerud, 1997; Black & Atkin, 1996; Solomon & Aikenhead, 1994).

Black och Atkin (1996) beskriver i boken *Changing the Subject: Innovations in Science, Mathematics and Technology Education* ett stort antal pågående utvecklingsprojekt i denna anda. Gemensamt för dem alla är en betoning på praktiskt arbete och tvärvetenskap. Oavsett sammanhang är det ekonomi och

konkurrens som är drivkraften bakom dem samtidigt som man vill förbereda för medborgarskap, förbättra känslan av samhörighet och jämlikhet samt öka elevernas lärande och lärarnas självkänsla. En intressant erfarenhet i nästan alla projekten är att för att kunna få någon förändring måste man först bekämpa följande ”sanningar” om undervisning:

- ”Knowing that” must come before ”knowing how”.
- The effective sequence for learning is first to receive and memorise, then to use in routine exercises so as to develop familiarity and understanding, and finally to attempt to apply.
- It is better to teach at the abstract level first and to leave application in many different contexts to a later stage.
- Motivation should be achieved by external pressure on the learner, not by changes in the mode of learning or the presentation of the subject.
- Difficulty or failure in learning by traditional route arises from an innate lack of ability, or inadequate effort, rather than from any mismatch between the teacher’s preferred learning style and the students’ (Black & Atkin, s. 62).

Detta förändringsarbete är problematiskt för lärarna eftersom hela deras lärarefarenhet i stället bygger på att arbeta efter dessa principer. Men det räcker inte att övertyga lärarna. Om de lyckats hitta sin nya roll som lärare möts de av ifrågasättande från föräldrar men även från elever eftersom den förändrade undervisningen ställer större krav på eleverna att ta eget ansvar för sitt lärande.

I slutet av 1980-talet startade *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) Project 2061 där namnet syftar på kometen Halleys nästa passage förbi jorden. Man började med att fråga hundratalet ledande naturvetare om vilken naturvetenskaplig kunskap alla amerikanska elever borde ha efter tolv år i skolan. Detta ledde först till boken *Science for all Americans* (AAAS, 1990) som beskriver vad alla medborgare i en värld formad av naturvetenskap och teknik måste förstå och sedan till *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 1993) som beskriver vägen dit. Förslagen grupperas i 12 grupper varav några handlar om matematik, teknik och samhällsfrågor. Enligt Fensham (2002) är redan mängden krav en utmaning eftersom dessa omfattar mer naturvetenskap än vad vi hittills lyckats lära den elit som aktivt väljer naturvetenskap i skolan. Dessutom anser man att närmare hälften av kraven ska uppfyllas redan under de första sex skolåren, en period där vi av erfarenhet vet att lärande och undervisning i naturvetenskap är begränsad.

Många forskare beskriver svårigheterna att förändra kursplanerna eftersom forskarsamhället agerar som disciplinernas vakter. De ser till att ämnena hålls fria från vardagskunskap och tvärvetenskap. Deras argument för naturveten-

skap handlar om faktakunskaper och att träna färdigheter samtidigt som deras förmåga att påverka de politiska besluten gör att andras åsikter marginaliseras (Fensham, 1998; Orpwood, 1998; Hodson, 2003).

Under årens lopp har de svenska läroplanerna förändrats från att i Folkskolestadgan beskriva vad läraren skulle kunna till vad undervisningen skulle handla om för att i de senaste ställa krav på vad eleverna ska kunna. Nu gällande läroplan och kursplaner för grundskolan bygger på Läroplanskommitténs beräkande ”Skola för Bildning” (SOU, 1992). Visionen är att grundskolan är allmänbildande genom att eleverna fostras till självständiga och kritiskt tänkande medborgare som kan delta i de demokratiska besluten. Kunskap är inte bara fakta utan också förståelse, färdighet och förtrogenhet. Läroplan för det obligatoriska och det frivilliga skolväsendet vilar på en värdegrund som utgår från grundläggande demokratiska värderingar. Den inledande texten i grundskolans kursplaner i naturvetenskap tar upp vikten av naturvetenskaplig bildning och de naturvetenskapliga ämnenas karaktär. Detta tydliggörs genom att alla mål innehåller de tre aspekterna *kunskap om natur och människa*, *kunskap om naturvetenskaplig verksamhet* samt *förmåga att använda sig av dessa kunskaper*.

I Uppsala pågår utvecklings- och forskningsprojektet LÄRNOT, med ambitionen att utveckla och analysera en undervisning som det stora flertalet elever finner intressant och som i förlängningen kan motivera dem att välja den naturvetenskapliga banan och/eller delta i den samhälleliga beslutsprocessen. Projektet är indelat i två parallella delar: ett skolutvecklings- och ett forskningsprojekt. I det förra ges fyra skolor i Uppsala kommun stöd i arbetet med att utveckla sin NO-undervisning. I det senare dokumenteras detta arbete på vetenskaplig basis. Forskarna följer processen nära genom att beskriva, söka systematiska samband och tolka de studerade fenomenen. Projektet i sin helhet startades den 1 juli 1999 och beräknas pågå fram till den 30 juni 2005 och finansieras av Björn Svedbergs stiftelse för naturvetenskap och teknik (LÄRNOT, 2004).

Kungliga Vetenskapsakademien (KVA) och *Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien* (IVA) bedriver sedan 1997 skolutvecklingsprojektet *Naturvetenskap och teknik för alla* (NTA) i samarbete med många kommuner. Projektet är en översättning och vidareutveckling av *Science and Technology for Children* framtaget av *National Science Resource Centre* (NSRC, 2004). Målet är att hjälpa och stimulera grundskolans elever och lärare att uppnå läroplanens och kursplanernas mål. De fem grundpelarna, ett undersökande experimenterande arbetsätt, kompletta materielsatser och handledningar inom olika teman med organiserad materielhantering, kontinuerlig kompetensutveckling för lärarna, fortlöpande utvärdering av elevernas lärande samt lokal samverkan mellan skola, kommun,

näringsliv, högre utbildning bildar en modell för skolutvecklingsarbete, som kan vara tillämpbar i alla ämnesområden (NTA, 2004)

Vid Göteborgs universitet pågår projektet NORDLAB, ett nordiskt samarbete som syftar till att ge framför allt lärare i naturvetenskapliga ämnen redskap att förbättra och förnya sin undervisning. Matematik och teknik kommer också in i bilden. Ämnesdidaktiska forskningsresultat och annat nytänkande har central betydelse i projektet, liksom ambitionen att verksamhet och produkter ska framstå som intressanta och användbara för den arbetande läraren i skolan. Det huvudsakliga arbetet sker i fem delprojekt, ett i varje nordiskt land med följande inriktning: Danmark – *Praktiskt och experimentellt arbete i naturvetenskap*, Finland – *IT i naturvetenskaplig undervisning*, Island – *Samhällets energiförsörjning*; Norge – *Elevers självvärdering i matematik* och Sverige – *Elevtänkande och undervisning i naturvetenskap* (Göteborgsgruppen för forskning om naturvetenskaplig undervisning, 2004).

Argument för naturvetenskap i skolan

Genom att granska olika kurs- och läroplaner i Nordamerika har Roberts (1988) tagit fram ett analysinstrument som är mycket användbart för att diskutera målsättningen för undervisning i naturvetenskap. Han fann följande sju skäl eller kunskapsfaser för att eleverna ska lära sig naturvetenskap i skolan. Dessa är *Everyday Coping* – att kunna använda naturvetenskapen för att förstå händelser och fenomen i vardagen, *Structure of Science* – att förstå naturvetenskap som en intellektuell verksamhet och se sambandet mellan teori, modelltänkande och verklighet, *Science, Technology and Decisions* – att som medborgare kunna använda sina kunskaper i ett demokratiskt samhälle, *Scientific Skill Development* – att lära sig den naturvetenskapliga metoden, *Correct Explanations* – att lära de rätta svaren, *Self as Explainer* – att förklara på olika sätt men också att eleven ska förstå sina egna problem att förstå genom att se hur kunskapen har vuxit fram genom historien samt *Solid Foundation* – att lära något för att förstå innehållet i nästa kurs. Olika kunskapsfaser har varit mer aktuella vid olika tidpunkter men framför allt betonar olika intressenter i samhället olika emfaser olika starkt. Under lång tid har skolans naturvetenskapliga undervisning präglats av den akademiska traditionen som betonar den säkra grunden, de rätta svaren, naturvetenskapens struktur och naturvetenskapliga färdigheter. Gjorda förändringar har haft som ett mål att förändra synen på naturvetenskap i skolan mot medborgarkunskap. Det finns en förhoppning att denna typ av undervisning ska öka intresset för naturvetenskap hos **alla** elever men kanske framför allt

hos flickorna som anses vara mest negativa. Svend Pedersen (1995) utgår från Roberts emfaser i en granskning av svenska kursplaner och menar att det i dag är vardagskunnandet, medborgarkunskapen och att eleven ska förstå sig själv som är viktiga skäl för skolans undervisning i naturvetenskap.

Andra, till exempel Millar (1996) och Sjøberg (2000a), diskuterar i stället argumenten för naturvetenskap i skolan utifrån olika nytto- och bildningsperspektiv. Dessa är *ekonomiargumentet* – att ett modernt samhälle behöver naturvetare och tekniker för att klara konkurrensen och välfärden, *nyttoargumentet* – att den enskilde behöver kunskaperna för att klara vardagslivet, *demokratiargumentet* – att naturvetenskaplig kunskap är nödvändig för att som samhällsmedborgare kunna delta i den demokratiska processen samt *kulturargumentet* – att naturvetenskap är en av mänsklighetens viktigaste kulturprodukter. Millar (1996) lyfter fram ytterligare ett, *det sociala argumentet*, som handlar om att överbrygga allmänhetens främlingskap och få dem mer positivt inställda och därmed bättre stödja vetenskapen. De två första argumenten har hittills varit de dominerande men Sjøberg (2000a) undrar om de är tillräckliga för dagens ungdom. Han säger att det nog är tveksamt om ungdomar skulle välja naturvetenskap av ren omsorg om samhället men kanske kan de göra det av personliga skäl. Inte heller det andra argumentet stämmer med ungdomarnas upplevelser eftersom det ofta räcker med att bemästra den nya tekniken. Man behöver inte förstå den. Millar (1996) argumenterar precis som Sjøberg (2000a) för att kursplanerna ska formars för majoriteten av elevernas behov, inte för dem som senare ska bli naturvetare eller tekniker. En sådan kursplan skulle betona en naturvetenskaplig allmänbildning och spegla tre olika aspekter av naturvetenskaplig kunskap, nämligen förståelse av *vetenskapens produkter* såsom begrepp, lagar och teorier, *vetenskapens processer* dvs. de metoder, tekniker och procedurer man använder för att lösa problem och vinna ny kunskap samt vetenskapen som ett socialt system, som en del av samhället. Detta skulle alltså leda till en undervisning som inte bara betonar faktainläring utan också de naturvetenskapliga metoderna och naturvetenskapens roll i samhället. Millar (1996) avslutar sin argumentering med att först måste vi bestämma oss för varför vi vill att alla elever ska lära naturvetenskap i skolan. Utifrån detta skäl kan vi sedan diskutera vad de ska lära sig och finna former för en bra undervisning.

I Storbritanien har en vision om skolans naturvetenskapliga undervisning presenterats i dokumentet *Beyond 2000: Science education for the future* (Millar & Osborne, 1998). Projektets bakgrund är den växande skillnad som finns mellan skolans naturvetenskapliga undervisning och ungdomars uttalade intresse och framtida behov som samhällsmedborgare. De frågor som diskuteras i rapporten är vad man hittills lyckats respektive misslyckats med i undervisningen, vilken

kompetens ungdomar behöver som samhällsmedborgare, vilket innehåll och undervisning som är lämpligast samt vilka problem förändring av kursplanerna kan skapa och hur de kan lösas. Man ger tio rekommendationer där man poängterar naturvetenskaplig bildning, tydliga mål varför alla ska lära naturvetenskap, en betoning på de viktigaste principerna, en varierande men gärna berättande undervisning samt en större betoning på förståelse.

I diskussionen om att undervisningen mer måste uppmärksamma naturvetenskapens karaktär och dess roll i samhället är det inte självklart vad som då ska vara centralt i sådan undervisning. Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl (2003) har undersökt om det finns någon konsensus om ett sådant innehåll bland lärare och forskare inom fältet. Resultatet visar att det finns nio nyckelidéer som borde ingå i kursplanerna. Många av dessa idéer handlar om naturvetenskapliga metoder, några om kunskapens karaktär men bara en om dess roll i samhället. Vissa av idéerna finns redan med i kursplanerna, andra inte vilket i sin tur kan ge eleverna en förenklad och stereotyp bild av naturvetenskapen.

Duggan och Gott (2002) utgår i stället från studier av vilka naturvetenskapliga kunskaper vuxna anser sig behöva i arbetet och vardagen, för att diskutera vad elever ska lära sig i skolan. De hävdar att undervisningen i större utsträckning ska betona hur man kan veta och ta reda på saker än att lära sig begrepp. Den begrepps-förståelse man behöver i industrin är, frånsett vissa grundläggande begrepp, så specifik att det inte är meningsfullt att lära den i skolan. Dessutom visar Ryders (2001) forskningsgenomgång att allmänheten har förmåga att ta till sig och använda de begrepp de behöver när omständigheterna så kräver det. Viktigast är att eleverna lär sig hitta information, kritiskt granska densamma och kunna använda den i andra sammanhang.

Shamos (1995) argumenterar provokativt att jakten på en allomfattande *scientific literacy* är meningslös eftersom den är alldeles för omfattande för att kunna uppnås av alla. *Scientific literacy* i form av faktakunskaper är onödig för vanliga samhällsmedborgare eftersom de flesta klarar sig bra i livet utan sådana kunskaper och om de behöver dem kan de lätt skaffa dem. Men, säger Hodson (2003), kanske är det följderna av ”okunniga konsumenter” som ska vara skälet till att alla behöver naturvetenskapliga kunskaper.

Mycket av diskussionen handlar om huruvida skolans naturvetenskap ska vara för alla eller för en elit men enligt Fensham (2002) måste alla elever få en chans att uppleva en naturvetenskap beskriven med ord som förundran, spänning, respekt, triumf och mysterium. Först då kommer tillräckligt många elever, att av inre övertygelse välja en naturvetenskaplig karriär. De som kritiserar betydelsen av känslor i undervisningen menar att detta bara tar tid från undervisningen och eleverna hinner inte lära sig lika mycket. Men å andra sidan argumenterar

Alsop (2003) att om eleverna inte trivs och känner glädje lär de sig inget hur bra undervisningen än är. I tider när ungdomar i västvärlden flyr naturvetenskaplig utbildning måste vi anstränga oss ännu mer att engagera dem. Eller som Hidi och Harackiewicz (2000) uttrycker det *”motivating the academically unmotivated is a critical issue for the 21st Century”*. Vi måste studera elevernas förhållande till naturvetenskap och naturvetenskaplig undervisning för att se hur detta påverkas av känslor och upplevelser men också tvärtom se hur deras självbild påverkas av undervisningen. För att kunna inspirera de ointresserade måste vi förstå motivationens mångdimensionella kraft.

Aikenhead (2003) och Donnelly (2004) hävdar att det humanistiska perspektivet i kursplaner och undervisning måste stärkas. Detta perspektiv belyser naturvetenskapens värderingar, karaktär, social påverkan, dess mänskliga sidor samt kopplingen till teknik. I kursplaner skrivna med ett STS-perspektiv integreras detta innehåll med faktakunskaper men det räcker inte. Alltför många elever uppfattar naturvetenskapen som något främmande och fränstötande eftersom den inte stämmer med deras kulturella bakgrund eller deras sociala engagemang (Aikenhead, 2003). De kan inte lära faktakunskaperna på ett meningsfullt sätt utan spelar *Fatima’s rules* för att klara kursen. Dessa regler handlar om att memorera ord och fraser med fetstil i stället för att läsa boken och att spela med i klassrumsspelet (Larson, 1995). Framtida forskning in Na-didaktik bör heller fokusera *”Why would students want to learn?”* och *”Who will allow them to learn?”* i stället för *”How do student learn?”* (Aikenhead, 2003)

Enligt Hodson (2003) används begreppet *scientific literacy* av många men med olika innebörd och det finns ingen samstämmighet vad det innebär i kursplanetermer. Vissa kan se *scientific literacy* som förmåga att läsa tidningsartiklar om naturvetenskap med god behållning, andra att få kunskaper, färdigheter och motivation att välja en naturvetenskaplig karriär. Roth och Lee (2004) anser att vi måste ompröva begreppet *scientific literacy* och menar att i stället för att förbereda eleverna för livet som samhällsmedborgare ska de redan i skolan delta i det. Ett samhällligt engagemang kan vara startpunkten för att eleverna ska bli motiverade att lära naturvetenskap. I ett sådant engagemang behöver inte alla elever kunna samma saker utan tillsammans skapar de en kollektiv allmänbildning. Denna kompetens ska sedan utgöra en av många källor för deras agerande.

I den skotska läroplanen används i stället begreppet *scientific capability* vilket innehåller fem komponenter: *scientific curiosity* – nyfikenhet och lust att veta, *scientific competence* – att undersöka vetenskapligt, *scientific understanding* – att förstå ideér och hur man kan veta, *scientific creativity* – förmåga till kreativt tänkande och handlande *scientific sensitivity* – kritiskt förhållningssätt till och ansvar för naturvetenskapens roll i samhället. Detta begrepp omfattar inte bara

kunskaper, färdigheter och förståelse utan också personliga kvalitéer, ställningstaganden och värderingar. Som framtida samhällsmedborgare behöver vi mer kunskap än tidigare generationer om hur naturvetenskap och teknik påverkar samhället och därmed en helt annan undervisning än den konventionella (SCCC, 1996).

I dansk miljöundervisning arbetar man med ett liknande begrepp som kallas handlingskompetens. Utgångspunkten är att miljöproblemen är tvärvetenskapliga som uppkommer ur intressekonflikter mellan olika grupper i samhället. Genom att ta del av olika synpunkter ska eleverna ges möjlighet att själv kunna ta ställning och agera. För att utveckla handlingskompetensen måste eleverna få kunskap om vilka handlingar som är möjliga, ha tilltro till sin möjlighet att påverka samt känna lust att engagera sig (Mogensen, 1999).

Hodson (2003) pläderar för en undervisning som behandlar samhällspolitiska frågor som rör hälsa, mat, naturtillgångar, energi, miljö, industri, information och kommunikation. I många avseenden är vår omvärld en social konstruktion och handlar om hur vi ser på världen. Vi har som samhällsmedborgare i många fall möjlighet att bestämma vilka tekniska landvinningar vi ska utnyttja och ta ställning till hur dessa kan påverka jordens resurser för kommande generationer. Moraliska och etiska ställningstaganden spelar här en central roll. Avsikten är att utbilda aktivister: människor som är beredda att kämpa för det som är rätt och rättvist; människor som vill förändra samhället mot större social rättvisa; människor som vill kämpa för biosfärens bästa. Men att förändra kursplanerna i denna riktning är inte enkelt eftersom lärarnas erfarenheter och kompetens sätts på spel. Ett sätt att lyckas kan vara att involvera dem i olika aktionsforskningsprojekt där man kritiskt granskar den undervisningspraxis som råder i dagens undervisning. Men även om lärarna utvecklar undervisningen i denna riktning är det många fler som måste övertygas om dess lämplighet. En nödvändig förutsättning blir då samhällets eget engagemang.

Utvärdering (Assessment)

Tester utvecklades först för att kunna selektera till olika utbildningar eller verksamheter. Vikten av och sättet att använda tester har sedan förändrats när samhället har förändrats från att utbilda en liten elit till att utbilda alla. Tester och utvärderingar kan göras för att understödja lärande och kallas då diagnostiserande (*formative assessment*). De kan även mäta enskilda elevers prestationer eller fastställa en utbildnings kvalité (*summative assessment*). Sättet att utvärdera och testa kan vara svårt att förstå om man inte har kunskap om samhällets och

utbildningsväsendets kultur och historia vilket i sin tur gör det svårt att utnyttja varandras erfarenheter (Black, 1998).

Diagnostiserande utvärdering av elevers prestationer (formative assessment)

Denna typ av utvärdering ska hjälpa lärarna att ge eleverna feedback samt att utveckla undervisningen så att elevernas lärande underlättas. Elevernas självvärdering är en väsentlig del i utvärderingen eftersom de måste kunna förstå och använda de kriterier som de utvärderas från, för att kunna överbrygga gapet mellan vad de redan kan och vad de ska kunna. (Bell, 2000). I en genomgång av ett antal studier om *formative assessment* visar samtliga att en förbättrad utvärdering ger bättre lärande. Detta gäller alla åldersgrupper från förskola till universitet. Många av studierna visar dessutom att lågpresterande och elever med inlärningsvärigheter hjälps mer än andra av en genomtänkt utvärdering. Andra resultat i genomgången är att lärarnas feedback till eleverna måste förbättras, att undervisningen behöver bli mer flexibel och involvera eleverna i större omfattning samt att utvärderingen påverkar elevernas motivation och självförtroende (Black och Harrison 2000).

För att kunna utvärdera sitt eget lärande måste eleverna förstå målet med undervisningen. Förvånansvärt ofta vet eleverna inte detta utan de har vant sig vid en undervisning som är en godtycklig rad av övningar utan sammanhang för dem. Tester orsakar ofta en känsla av obehag eftersom eleverna är mest vana vid att de används för bedömning och inte för att utveckla lärandet. För att undvika detta måste den feedback eleverna får handla om det egna arbetets kvalitet inte vara en jämförelse med andra elevers prestationer. All bedömning i form av poäng och rangordning får eleverna att leta efter ledtrådar och memorisera för att få så många poäng som möjligt på testet. En feedback, som relaterar deras sätt att tänka till det naturvetenskapligt accepterade, kan hjälpa dem att utveckla en bättre begreppsförståelse (Black & Harrison 2000).

Bedömande utvärdering av elevers prestationer (summative assessment)

I de flesta länder finns nationella examensprov för betygsättning av den enskilde eleven men Sverige är ett av de få länder som överlåter betygsättningen till lärarna. De nationella proven i grundskolan och gymnasiet syftar till att ge lärare stöd vid diagnostisering och betygsättning av elevernas kunskaper för att därigenom skapa förutsättningar för att bedömningsgrunderna ska bli så enhetliga som möjligt över landet. Nationella prov förekommer i svenska, engelska och matematik, inte i naturvetenskapliga ämnen (Skolverket, 2004b).

Tester används också till jämförande bedömning mellan skolor. I många länder publiceras årligen listor över skolors genomsnittliga prestationer på nationella prov och examina. Problemet med dessa rankinglistor är att de bygger på ett antagande att alla skolor är demografiskt lika, att tester i olika ämne mäter samma förmåga och att begåvningsprofilen är lika i alla skolor (Swain, 2000).

Under många år har projekt för att utveckla undervisningen misslyckats p.g.a. av sättet att utvärdera. Det är framför allt standardiserade nationella test som fungerar som barriärer för förändring av undervisningen. Det främsta målet för både lärare och elever är att lyckas väl på efterföljande examination. Alla förändringar i undervisningen som inte harmoniserar med kommande test kan inget annat än misslyckas. Dessutom är det omöjligt för tester som inte stämmer med gjorda förändringar att avslöja något om förändringens genomslag. Misslyckanden på 60-talet berodde till stor del på att utvärderingarna fokuserade på minneskunskaper vilket undervisningen inte hade gjort. En viktig faktor när man gör utvärderingar är begreppet *Opportunity to learn* (OTL) – om eleverna haft möjlighet att lära det som utvärderas (Tamir, 1998).

Internationellt jämförande projekt

Efter andra världskriget bildades International Association for Evaluation of Education (IEA), ett forskningsnätverk för jämförande internationella studier av utbildningssystem. Den första studien i naturvetenskap, *First International Science Study* (FISS) ägde rum 1970. Den följdes 13 år senare av *Second International Science Study* (SISS). Datainsamlingen till den tredje, *Third International Mathematics and Science Study* (TIMSS) skedde 1995 i ett fyrtiotal länder. Därefter har man bestämt att TIMSS i stället ska vara en akronym för *Trends in Mathematics and Science Study* och upprepas vart fjärde år. Testerna innehåller frågor där eleverna antingen ska välja rätt svar eller svara på öppna frågor. Från och med 2003 har man mer och mer betonat frågor och uppgifter som kräver förmåga till analytisk och undersökande problemlösning hos eleverna. Dessutom får elever, lärare och rektorer i alla deltagande länder svara på frågor om miljön för lärande för att ha möjlighet att tolka prestationer och följa förändringar. Målgrupperna har varit 9–10-åringar, 13–14-åringar och elever i sista årskursen på gymnasiet men deltagande länder avgör själva vilka av dessa populationer som ska delta (TIMSS, 2004).

Sverige deltog med elever i alla populationerna i SISS men enbart med 13–14-åringar och gymnasiets avgångsklasser i TIMSS. Skolverkets analys av resultatet från 1995 är att Sverige är ett genomsnittsländ i naturvetenskap när det gäller 13–14-åringar men också att svenska elever är en homogenare grupp än andra länders. När det gäller avgångsklasserna tillhör de svenska eleverna de

bästa. Bortfallet i undersökningen är dock ganska stort eftersom många länder inte följt alla anvisningar eller deltagit med för små grupper (Skolverket, 1996; 1998a). Resultatet från datainsamlingen våren 2003 kommer att presenteras den 14 december 2004.

Programme for International Student Assessment (PISA) är ett stort internationellt samarbetsprojekt under *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) som ska utvärdera om elever som lämnar det obligatoriska skolväsendet har fått kunskaper som är väsentliga för att kunna delta i samhället. PISA mäter kunskaper inom tre områden, läsförståelse samt matematiskt och naturvetenskapligt kunnande. Dessutom får eleverna svara på frågor om sitt sätt att lära, tilltron till sin egen förmåga samt frågor om attityder, motivation och engagemang. Undersökningarna är tänkta att genomföras vart tredje år med fördjupning inom ett område per år. Datainsamling gjordes 2000 med tyngdpunkten på läsförståelse och 2003 på matematiskt kunnande. Under 2006 kommer naturvetenskapligt kunnande att vara i centrum och utgå från följande definition av *scientific literacy*.

The capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity (OECD, 2000, s. 10).

Utvärderingen i naturvetenskap arbetar med tre dimensioner av naturvetenskapligt kunnande: begrepp, processer och sammanhang för att tillämpa dessa. Syftet är att utvärdera hur elever använder teorier, modeller, begrepp samt naturvetenskapens arbets sätt för att tolka, bedöma och kommentera olika texter med naturvetenskapligt innehåll (PISA, 2004).

Hittills har endast datainsamlingen från 2000 publicerats. När det gäller naturvetenskapligt kunnande är Sveriges resultat signifikant bättre än OECD-genomsnittet. Sju OECD-länder har ett signifikant bättre resultat än Sverige, däribland Finland, medan fjorton OECD-länder har ett signifikant sämre resultat. Det finns ingen signifikant skillnad mellan resultaten för de 10 procent bäst presterande svenska eleverna och motsvarande OECD-genomsnitt. Däremot har de 10 procent lägst presterande svenska eleverna ett signifikant bättre resultat i jämförelse med OECD-genomsnittet vilket skulle kunna tolkas som att Sverige har en ”hög lägstnivå”. Svenska elever har i genomsnitt ett bättre resultat när det gäller att redovisa kunskaper om enskilda naturvetenskapliga begrepp. De har också bättre resultat när det gäller att bedöma och tolka beskrivna experiment eller situationer. Svenska elever har dock något sämre resultat i uppgifter

som handlar om att ta ställning till om naturvetenskap kan bidra till att förklara olika fenomen. Om uppgifternas sammanhang analyseras så har svenska elever generellt bra resultat på uppgifter om globala miljöproblem, som klimatförändringar eller energiförsörjning, samt för uppgifter som direkt kan beröra den enskilde individen, som olika aspekter av bioteknologi (Skolverket, 2004c).

Under de senaste årtiondena har behovet av naturvetenskaplig bildning debatterats livligt tillsammans med vilka krav man kan ställa på skolans undervisning inför det tjugoförsta århundrandet. Denna debatt fick ytterligare bränsle när resultat från TIMSS och PISA presenterades. I många länder blev besvikelsen stor och där ställs nu krav på att skolans undervisning ska vara effektivare och mer resultatinkriktad. Från forskare inom de naturvetenskapliga ämnena didaktik föreslogs bland annat följande åtgärder för att öka kvalitén i undervisningen:

- Ge skolor och lärare stöd så att de kan arbeta med naturvetenskapen som den beskrivs i styrdokumentet.
- Skapa större variation vad gäller experiment, problemlösning och andra undervisningsinslag.
- Främja tillskott av resurser och strategier för att öka elevernas intresse och engagemang.
- Utnyttja konstruktivistiska undervisningsprinciper i skolpraktiken för att förändra lärarrollen från den förmedlande till den reflekterande och elevrollen till en aktivare med eget ansvar för sitt lärande (Beeth, Duit, Prenzel, Ostermeier, Tytler & Wickman, 2003).

Skolverkets nationella utvärdering i naturvetenskap

I Sverige genomförs med vissa års mellanrum nationella utvärderingar för att få veta i vilken grad eleverna uppnår skolans mål. Detta utvärderingsprogram startade 1989 och har främst fokuserat skolår 9 men både skolår 5 och 12 har deltagit. De flesta ämnen i grundskolan har studerats och vanligtvis har några procent av årskullen testats. I naturvetenskap utvärderades 1989 enbart skolår 5 med en tyngdpunkt på biologi. De följande utvärderingarna, 1992 och 1995, omfattade skolår 9 inom områdena materia, ekologi och människokroppen respektive energi, temperatur och värme samt optik. 1998 ingick alla tre skolåren, 5, 9 och 12, i en tematisk utvärdering med namnet *Tillståndet i världen* (Andersson, 2000b). Den senaste utvärderingen genomfördes 2003 i skolår 9 med syfte att få en helhetsbild av grundskolans verksamhet och resultat. Utvärderingen i naturvetenskap bygger på utvärderingarna gjorda 1992 och 1995 med avsikt att analysera förändringar över åren. Den senaste utvärderingen har

ännu inte publicerats men de tidigare finns att tillgå i rapportserien NA-spektrum utgiven vid Göteborgs universitet (Göteborgsgruppen för forskning om naturvetenskaplig undervisning, 2004).

Ansvarig för den nationella utvärderingen i naturvetenskap är Björn Andersson vid Göteborgs universitet och han diskuterar den (Andersson, 2000b) på följande sätt. Visserligen är målet med utvärderingen att mäta i vilken mån skolan uppnår kursplanernas mål men samtidigt är det viktigt att använda utvärderingen till att påverka undervisningen på ett positivt sätt. Att utvärdera måluppfyllelse innebär att hantera många problem. Ett av dessa är att tolka vad de nationella målen, som är skrivna i ganska generella termer, faktiskt betyder. Det är inte säkert att den tolkning som forskare gör överensstämmer med den som lärarna i skolan har gjort. Ett metodologiskt problem är att en utvärdering som sker efter undervisning inte har någon kontrollgrupp att jämföra med. Därför är det inte möjligt att dra slutsatsen att goda resultat beror på undervisningen men å andra sidan behöver mindre goda resultat alltid förbättras. En annan sak att fundera över, är att eleverna får ett antal relativt svåra frågor att besvara individuellt på kort tid utan någon förberedelse. Kanske skulle lite hjälp på traven, som man normalt får när man ställs inför nya frågor, gett en annorlunda bild av deras kunskapspotential? Ytterligare ett problem är att det finns både allmänna och ämnesspecifika mål, vilka tillsammans ska bilda en helhet. Ett allmänt mål är att eleverna ska kunna använda sina kunskaper i naturvetenskap i nya situationer för att till exempel ta ställning i en samhällsfråga. Även om undervisningen går ut på att eleverna ska få sådan kompetens är det ovanligt att testa den i skolan.

Det finns problem med generaliserbarhet i utvärderingar. Även om man kan ställa många olika frågor i olika sammanhang måste man av olika skäl välja några enstaka. Om eleverna besvarar dessa bra eller dåligt kan man då säga att deras kunskaper inom området är allmänt goda eller dåliga? Det är också problematiskt att bedöma vad som är goda resultat på en utvärdering. Om man förväntat sig att en fråga som svarar mot ett mål som alla ska uppnå och får resultatet att 30 procent av eleverna svarat korrekt kan man anse detta som dåligt. Å andra sidan om man har en förväntan att elevernas kunskaper är dåliga kan 30 procent vara ett bra resultat. All denna osäkerhet måste övervägas men denna insikt kan tona ner utvärderingen och i stället betona att utvärdering är ett bra sätt att bygga upp kunskap som kan utveckla undervisningen. En utvärdering kan sägas ha en hög utvecklingsvaliditet om den stimulerar lärares och andra aktörers tänkande och handlande så att man försöker förbättra undervisningen. Om de nationella utvärderingarna har hög utvecklingsvaliditet vet vi inte men det finns tecken som tyder på att vi är på rätt väg. Det ena tecknet är att Skolverkets

fältorganisation har noterat att de är kända och lästa av lärarna, det andra är att de ofta förekommer som obligatorisk litteratur i lärarutbildningarna (Andersson, 2000b).

Forskarsamfundet

Vi presenterar en lista över organisationer och tidskrifter i världen som representerar en verksamhet som antingen huvudsakligen omfattar forskning i Na-didaktik, enligt vår avgränsning, eller som har etablerade sektioner för forskning i Na-didaktik. Detta ser vi som en möjlighet för läsaren att hitta inkörsportar till forskningsfältet. Listor enligt nedan hålls också uppdaterade i Kristianstad via forskargruppen *Learning in Science and Mathematics* (LISMA, 2004).

Organisationer och konferenser

Organisationer och konferenser utanför Europa

Här beskrivs de organisationer som har sin bas utanför Europa. Vi särskiljer inte på olika världsdelar, men kommer oundvikligen att lyfta fram det angloamerikanska då vi begränsar oss till organisationer och konferenser där engelska är officiellt språk.

- AAAS *The American Association for the Advancement of Science*
Utgivare av Science och en stor aktör i USA vad gäller naturvetenskap, kanske speciellt vänt mot policy-skapare. AAAS initierade och genomförde Project 2061 som inkluderar en genomgång av innehållet i naturvetenskaplig utbildning, *Science for all Americans and Benchmarks*. Se vidare information via www.aaas.org.
- AAPT *American Association of Physics Teachers*
En organisation för fysiklärare såväl inom skolan som inom college och universitet. Mycket av den under senare tid kraftigt framväxta Physics Education Research (PER) presenteras inom ramen för AAPT, som anordnar två konferenser i USA årligen när undervisningen ligger nere, en på vintern och en på sommaren. Forskningstidskriften heter American Journal of Physics och innehåller ren fysik, men har också en sektion för PER. Man ger också ut en tidskrift riktad mot lärare som heter *The Physics Teacher*. Se vidare information via www.aapt.org.
- AERA *American Educational Research Association*
En stor organisation med bas i USA som omfattar forskning om all sorts lärande och undervisning, dock finns undergrupper mer

fokuserade på en naturvetenskaplig kontext. AERA organiserar en konferens årligen, under våren. *Educational Researcher* är organisationens välnummerade forskningstidskrift. Se vidare information via www.aera.net.

- AETS *Association for the Education of Teachers of Science*
 Organisationen arbetar för att stimulera utvecklingen av professionella lärare och vänder sig till såväl lärarutbildare som kompetensutvecklare av verksamma lärare. Man ger ut tidskriften *Journal of Science Teacher Education*. Se vidare information via aets.chem.pitt.edu.
- ASERA *Australasian Science Education Research Association Ltd*
 Målet för organisationen är att vidareutveckla forskning och undervisning inom *science education*. De anordnar en konferens årligen, under sommaren (vinterlov), och ger ut tidskriften *Research in Science Education*. Se vidare information via www.fed.qut.edu.au/projects/asera/.
- ASTA *Australian Science Teachers Association*
 Organisationen representerar lärare i naturvetenskap i Australien. Den spänner över alla stater och samordnar lokala föreningar och organiserar konferenser samt ger ut tidskriften *Teaching Science*. Se vidare information via www.asta.edu.au.
- CHED *Division of Chemical Education – American Chemical Society*
 En division inom *American Chemical Society* för de som undervisar kemi inom skola, college och universitet, och för intressenter inom näringslivet. Se vidare information via divched.chem.wisc.edu.
- GASAT *Gender And Science And Technology*
 En internationell organisation som fokuserar genusfrågor i relation till naturvetenskap och teknik. Arrangerar internationella konferenser i en serie med möten vartannat år. Se vidare information via www.gasat-canada.org.
- IHPST *The International History, Philosophy Science Teaching Group*
 Organisationen vill stimulera forskning baserad på naturvetenskapens historia, filosofi och sociologi med syfte att förbättra undervisning och lärande inom området. Sekreteraren Michael Matthews är också chefredaktör för organisationens tidskrift *Science & Education*. Se vidare information via www.ihpst.org.

- IOSTE** *International Organisation for Science and Technology Education*
En internationell organisation som omfattar hela världen, och som erkänns av UNESCO. Anordnar konferenser vartannat år som inte enbart vänder sig till forskare utan även till lärare och andra ”policy makers”. Se vidare information via www.ipn.uni-kiel.de/projekte/ioste/ioste.htm.
- NABT** *National Association of Biology Teachers*
En ganska nyligen formerad sammanslutning av biologilärare i USA med målet att ge utbildare möjlighet att erbjuda bästa möjliga biologiutbildning till alla elever. Ordnar en konferens årligen i USA och har hand om tidskriften *American Biology Teacher*. Se vidare information via www.nabt.org.
- NARST** *National Association for Research in Science Teaching*
En, trots namnet, internationell organisation för forskning om lärande och undervisning i naturvetenskap. NARST ordnar en årlig internationell konferens på vårarna, ofta i anslutning till AERA:s konferens. NARST ger också ut *Journal of Research in Science Teaching* som är en dominerande tidskrift inom området. Se vidare information via www.narst.org.
- NSTA** *National Science Teachers Association*
Är en mycket stor sammanslutning av lärare i naturvetenskapliga ämnen, främst i USA. NSTA är inte i första hand en organisation för forskare utan man arbetar snarare som en brygga mellan forskare och lärare med målet att uppnå en bättre undervisning i naturvetenskap för alla. Tidskrifter riktade till lärare för elever i olika åldrar. *Science & Children*, *Science Scope*, *The Science Teacher*, *Journal of College Science Teaching*. Se vidare information via www.nsta.org.
- SAARMSTE** *Southern African Association for Research in Mathematics, Science and Technology Education*
En organisation främst för forskare verksamma i de södra delarna av Afrika, men med internationella inslag på sina årliga konferenser. Ger ut tidskriften *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*. Se vidare information via senaste konferens www.phy.uct.ac.za/SAARMSTE2004.

Organisationer och konferenser i Europa

Under rubriken Europa beskrivs den verksamhet som har sin bas utanför Norden. Vi särskiljer egentligen inte på olika länder, men det anglosaxiska kommer att dominera, då vi begränsar oss till organisationer och konferenser med engelska som officiellt språk.

- ASE *Association for Science Education*
Vänder sig till lärare i naturvetenskap och lärarutbildare. Arrangerar en stor årlig konferens i Storbritannien i januari, med många deltagande lärare och forskare. Här ställer också många förlag och utrustningsföretag ut. ASE ger ut tidskriften *School Science Review*. Se vidare information via www.ase.org.uk.
- ATEE *Association for Teacher Education in Europe*
En organisation som syftar till att etablera ett nätverk för lärarutbildare och lärare för att på så sätt bidra till en professionell utveckling. Den officiella tidskriften är *European Journal of Teacher Education*. En tidskrift allmänt inriktad på lärarutbildning, men innehåller också forskningsartiklar om utbildning av naturvetenskapliga lärare. Se vidare information via www.atee.org.
- EARLI *European Association for Research on Learning and Instruction*
Organisationen är omfattande och spänner över alla ämnen. Den har sitt ursprung i kognitiv psykologi, men omfattar även pedagogik. Medlemmar är ordnade i 12 s.k. ”special interest groups”. Man anordnar en internationell konferens vartannat år (koordineras med ESERA) och ger ut tidskriften *Learning & Instruction*. Se vidare information via www.earli.org.
- ECRICE *European Conference on Research in Chemical Education*
En budkavleorganisation som vänder sig till kemilärare inom skola och universitet. Information om senaste konferens via www.pef.uni-lj.si/7ecrice/.
- ESERA *European Science Education Research Association*
En sammanslutning med ursprung i europeiska lärar- och universitetsutbildningar i naturvetenskap. Lärarutbildning och skolor är de dominerande sammanhangen. Alternerar genom att anordna internationell konferens respektive sommarskola för forskarstuderande vartannat år. Se vidare information via www.esera.org.

- ERIDOB *European Researchers in Didaktik of Biology*
 En informell grupp bildad ur ESERA med syfte att tydliggöra forskningen inom biologididaktik. Anordnar konferenser de år då ESERA har sin sommarskola. Se information om senaste konferens via enfa.mip.educagri.fr/eridob/.
- GIREP *Groupe International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique*
 Har sitt ursprung från och vänder sig till fysiklärare inom universitet och skolor, även lärarutbildning förekommer. Innehållet i konferensen ligger närmare ämnet fysik och har inte alltid forskning i fokus. Anordnar en internationell konferens vartannat år. Se vidare information via www.girep.org.
- IOB *Institute of Biology*
 Organisation för professionella biologer i Storbritannien. Har en stark tradition att stötta undervisning i biologi och ger ut tidskriften *Journal of Biological Education*. Se vidare information via www.iob.org.
- IOP *Institute of Physics*
 Organisation för professionella fysiker i Storbritannien. Har en undervisningssektion och driver en resurssida (www.physics.org) samt ger ut tidskriften *Physics Education*. IOP har ett stort utbud av tidskrifter inom fysikområdet, speciellt kan nämnas *European Journal of Physics*, som har PER-artiklar, och den populärvetenskapliga *Physics World*. Se vidare information via www.iop.org.
- RSC *Royal Society of Chemistry*
 Organisation för professionella kemister i Storbritannien. Har en undervisningssektion och ger ut tidskrifterna *Education in Chemistry* och *University Chemistry Education*. Se vidare information via www.rsc.org.

Organisationer och konferenser i Norden

Under rubriken Norden tar vi upp verksamhet som är gemensam för den nordiska kontexten. Det som är unikt för Sverige har vi lyft ut till ett eget avsnitt.

Nordisk konferens i naturvetenskapernas didaktik

En löst sammanhållen budkavleorganisation för genomförande av en nordisk forskningskonferens vart tredje år. Nästa konferens beskrivs via www.symposium8.dk.

Organisationer och konferenser i Sverige

För Sverige så finns för närvarande bara två organisationer verksamma inom vårt forskningsfält. Det finns sammanslutningar av lärare och även ämnesföreningar/samfund, men de har ingen aktiv forskningsrapportering.

Nationell konferens i didaktik

En löst sammanhållen budkavleorganisation för genomförande av en årlig konferens i allmän didaktik. Andelen naturvetenskaplig ämnesdidaktik är mycket liten. 2004 års konferens beskrivs via www.hb.se/konferenser/didaktik/.

Nätverk för ämnesdidaktik

Ett nätverk för ämnesdidaktik i Sverige som bl. a. organiserar en årlig konferens. Beskrivs via www.hig.se/hs/littsv/Natvaidid.html.

FND

Svensk Förening för Forskning i Naturvetenskapernas Didaktik

En förening för forskare inom naturvetenskapernas didaktik i Sverige som bl. a. anordnar årliga möten. Se vidare information via www.fy.chalmers.se/fnd/.

Tidskrifter

I nedanstående lista finns tidskrifter som huvudsakligen innehåller artiklar om forskning i Na-didaktik eller som har sektioner för rapporter av sådan forskning. Vi klassificerar tidskrifternas typ med hjälp av betäckningarna F och Y för forskningstidskrifter (F) och för tidskrifter riktade mot yrkesverksamma lärare (Y). Vissa tidskrifter kombinerar dessa perspektiv, och vi tar endast upp de som huvudsakligen är forskningstidskrifter.

Tidskrift	Typ	Kort beskrivning	Org.
African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education – online www.journals.co.za/ej/ejour_saarmste.html	F	Blandat innehåll med forskningsbas.	SAARMSTE
American Biology Teacher	F/Y	Blandat innehåll, syftar till att vara till nytta för biologilärare.	NABT
American Journal of Physics	F	Främst mot gymnasie- och högskolefysik, sektion för fysikdidaktik. Relativt hög status.	AAPT
Australian Science Teachers Journal	F/Y	Huvudartiklar refereebedöms, även mindre klassrumsprojekt.	ASTA
Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education	F	Nystartad, blandad Na-didaktisk forskning.	
Chemistry Education Research and Practice – online www.uoi.gr/cerp/	F	Nätbaserad forskningstidskrift, kortare artiklar.	
Electronic Journal of Science Education – online unr.edu/homepage/jcannon/ejse	F	Naturvetenskapens didaktik, främst i grundskolan.	
European Journal of Physics	F	Forskningsartiklar i fysikdidaktik, mest fysik.	IOP
International Journal of Science Education	F	Allmän Na-didaktisk forskning, hög status.	
International Journal of Science and Mathematics Education	F	Nystartad, söker tvärsnitt mellan Ma- och Na-didaktik.	
Journal of Baltic of Science Education – online vingis.ktu.lt/~jbse/journal.htm	F	Blandad Na-didaktisk forskning.	
Journal of Biological Education	F/Y	Beskrivningar av sätt att undervisa i biologi.	IOB
Journal of Chemical Education	F/Y	Syftar till att vara till nytta för kemilärare. Undervisningsidéer och förklaringar, även forskning.	
Journal of Research in Science Teaching	F	Varierad Na-didaktisk forskning, hög status.	NARST
Journal of Science and Mathematics Education in S.E. Asia.	F	Asiatiska författare, varierande innehåll.	SEAMEO

Tidskrift	Typ	Kort beskrivning	Org.
Journal of Science Education and Technology	F	Varierad Na-didaktisk forskning, översikter, nya experiment.	
Journal of Science Teacher Education	F/Y	Blandat innehåll, forskning, lärutbildning.	AETS
Nordina Nordisk Didaktikk i Naturfag / Na www.naturfagsenteret.no	F	Startar 2005, blandad Na-didaktisk forskning, nordisk eller engelsk text.	
Physics Education	Y/F	Syftar till att stödja fysiklärare, även högskola. Undervisningsidéer, kortare rapporter om forskning.	IOP
Public Understanding of Science	F	Alla aspekter på naturvetenskap i samhället.	
Research in Science and Technological Education	F	Blandad forskningstidskrift, utvärderingar av undervisningssekvenser.	
Research in Science Education	F	Allmän forskning, relativt hög status.	ASERA
School Science Review	F/Y	Praxisnära forskning, blandning mellan forskning och metod. En del mycket etablerade forskare.	ASE
Science & Education	F	Forskning baserad på Na-hist, filosofi och sociologi. Relativt hög status.	IHPST
Science Education	F	Blandad Na-didaktisk forskning, hög status.	
Studies in Science Education	F	Forskningsartiklar, teori och översikter. Inbjudna författare är vanligt. Relativt hög status.	Leeds Univ.
The Electronic Journal of Science Education – online unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejse.html		Elektronisk, allmän na-didaktisk forskning. Tillfälligt uppehåll.	

Na-didaktisk forskning i Sverige

Forskningsmiljöer

Högskoleverket beslutade 1999 i samråd med Skolverket att ge i uppdrag åt universitetslektor Helge Strömdahl att inventera NO-didaktisk forskning och identifiera NO-didaktiska forskningsmiljöer i Sverige. Detta finns redovisat i rapporten *”No-didaktisk forskning i Sverige – en lägesrapport och några förslag vid millennieskiftet 1999/2000”*. Inledningsvis gör Strömdahl en översiktlig

beskrivning av den aktuella situationen nationellt och internationellt där han bland annat kommenterar Lärarutbildningskommitténs förslag till ny lärarutbildning samt dess relation till no-didaktisk forskning. Fyra områden inom det Na-didaktiska forskningsfältet identifieras och beskrivs översiktligt:

- 1) Didaktisk forskning med inriktning mot naturvetenskap, teknik och miljö i högskolan
- 2) NO-didaktisk forskning i skolämnen biologi, fysik och kemi
- 3) Didaktisk forskning i skolämnet teknik
- 4) Miljödidaktisk forskning med anknytning till grundskola och gymnasium.

Efter en beskrivning av trender inom internationell Na-didaktisk forskning (*Science Education Research*) redovisas svenska Na-didaktiska forskningsmiljöer. I gruppen utvecklade forskningsmiljöer nämns Göteborgs universitet: Institutionen för pedagogik och didaktik; Uppsala universitet: Pedagogiska institutionen, Institutionen för fysik och Institutionen för lärarutbildning; Umeå universitet: Enheten för pedagogiska mätningar. Kemiska institutionen; Stockholms universitet: Pedagogiska institutionen; Högskolan Kristianstad: Institutionen för matematik och naturvetenskap; Lärarhögskolan Stockholm.

I gruppen forskningsmiljöer under uppbyggnad nämns Linköpings universitet: Institutionen för beteendevetenskap, Institutionen för teknik och naturvetenskap, Institutionen för utbildning och forskning (Campus Norrköping), Institutionen för fysik och mätteknik, Tema Teknik och Social förändring; Umeå universitet: Fysikinstitutionen, Lärarutbildningen; Malmö Högskola; Högskolan i Gävle/Sandviken: Lärarutbildningen.

Slutligen ges exempel på utvecklingsmiljöer vid universitet och högskolor med intresse att utveckla ämnesdidaktisk forskning såsom Karlstads universitet, Mitthögskolan, Högskolan i Dalarna, Högskolan i Kalmar.

I några allmänna slutsatser konstaterar Strömdahl bland annat att huvuddelen av den didaktiska forskningen bedrivs vid ett fåtal forskningsmiljöer och är i första hand inriktad på frågeställningar inom skolan. En ordnad finansiering och enskilda forskares djupa engagemang har varit en nödvändig förutsättning för att dessa miljöer nått sin position. Med undantag av de utvecklade forskningsmiljöerna, så är forskning utspridd på enskilda forskare som saknar en bra förankring vid den egna institutionen eller lärosätet. Vid flera lärarutbildningar och högskolor finns det ett starkt önskemål att påbörja didaktisk forskning men finansiering saknas. Strömdahl framhåller att den Na-didaktiska forskningen i Sverige ansluter väl till dess internationella motsvarighet både vad gäller innehåll och metod. Detta är bland annat ett resultat av en medveten uppbyggnad av internationella kontaktnät (Strömdahl, 2000).

Mot bakgrund av rådande förhållanden föreslås att en nationell diskussion om den didaktiska forskningen initieras inkluderande forskningens finansiering. Vidare föreslås etablering av reguljära konferenser eller seminarier för doktorander i Na-didaktik liksom konferenser för lärare med presentation av Na-didaktisk forskning med koppling till hur denna kan utnyttjas i undervisningen. Detta bör ske i nära samarbete med ett nationellt virtuellt resurscentrum. Strömdahl anser också att Sverige bör ta initiativ till en konferens inom EU:s ram som fokuserar Na-didaktisk forskning relaterad till rekrytering till högre naturvetenskaplig och teknisk utbildning.

År 2000 beslutade riksdagen att Linköpings universitet/Campus Norrköping skulle ha huvudansvaret för en nationell forskarskola i teknisk/naturvetenskaplig didaktik. I programmet för forskarskolan som överlämnades till Högskoleverket i mars 2001 står det att forskarutbildningen gäller teknikens och de naturvetenskapliga ämnenas didaktik (FONTD, 2001). Till denna forskarskola knöts Umeå universitet, Karlstads universitet, Lärarhögskolan i Stockholm, Malmö högskola, Högskolan Kristianstad, Kalmar högskola, Mälardalens högskola.

Forscarskolan har statligt finansierade doktorander väl fördelade på lärosäten i olika delar av landet. Därigenom finns det ett incitament till etablering eller förstärkning av nya forskningsmiljöer. Svensk Na-didaktisk forskning har vitaliserats. Doktoranderna har sin förankring både vid det egna lärosätet och vid forskarskolan i Norrköping. På så vis har en del av de önskemål som Strömdahl framförde i sin beskrivning av Na-didaktiska forskningsmiljöer blivit infriade. Den nationella forskarskolan har varit och är särskilt betydelsefull för de lärosäten som inte själva får ge forskarutbildning. Doktorander från dessa högskolor kommer att ta sin doktorexamen i naturvetenskapernas didaktik eller i teknikens didaktik vid Linköpings universitet.

Doktorsavhandlingar inom fältet

I pedagogik efter årtal

Andersson, Björn (1976): *Science teaching and the development of thinking.*

(Göteborg Studies in Educational Sciences 20.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.

Lybeck, Leif (1981): *Arkimedes i klassen. En ämnespedagogisk berättelse.* (Göteborg Studies in Educational Sciences 37.) Göteborg, Acta Universitatis

Gothoburgensis.

Kärrqvist, Christina (1985): *Kunskapsutveckling genom experimentcentrerade*

dialoger i ellära. (Göteborg studies in educational sciences 52.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.

- Löfdahl, Stellan (1987): *Fysikämnet i svensk realskola och grundskola*. (Uppsala Studies in Education 28.) Uppsala, Acta Universitatis Upsaliensis.
- Renström, Lena (1988): *Conceptions of matter: A phenomenographic approach*. (Göteborg Studies in Educational Sciences 167) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Bergqvist, Kerstin (1990): *Doing schoolwork: task premisses and joint activity in the comprehensive classroom*. (Linköping Studies in Arts and Science 55). Linköping, Linköpings universitet.
- Gisselberg, Kjell (1991): *Vilka frågor ställer elever och vilka elever ställer frågor? En studie av elevers frågor i naturorienterade ämnen i och utanför klassrummet*. Umeå, Umeå universitet, Pedagogiska institutionen.
- Pedersen, Svend (1992): *Om elevers förståelse av naturvetenskapliga förklaringar och biologiska sammanhang*. (Studies in Education and Psychology 31) Stockholm, Almqvist & Wiksell International.
- Staberg, Else-Marie (1992): *OLIKA världar skilda VÄRDERINGAR. Hur flickor och pojkar möter högstadiets fysik, kemi och teknik*. Umeå, Umeå universitet, Pedagogiska institutionen.
- Helldén, Gustav (1992): *Grundskoleelevers förståelse av ekologiska processer*. (Studia Psychologica et Paedagogica Series Altera C 102, Lärarhögskolan i Malmö) Stockholm, Almqvist & Wiksell International.
- Engström, Jan-Åke (1994): *Science Achievement and Student Interest. Determinants of Success in Science among Swedish Compulsory School Students*. (Studies in Comparative and International Education 28.) Stockholm, Stockholms universitet, Institute of International Education.
- Östman, Leif. (1995): *Socialisation och mening. No-utbildning som politiskt och miljömoraliskt problem*. (Uppsala Studies in Education 61.) Acta Universitatis Upsaliensis. Stockholm: Almqvist & Wiksell International.
- Ramstedt, Kristian (1996): *Elektriska flickor och mekaniska pojkar. Om grupp-skillnader på prov – en metodutveckling och en studie av skillnader mellan flickor och pojkar på centrala prov i fysik*. Umeå, Umeå universitet: Pedagogiska institutionen.
- Strömdahl, Helge (1996): *On mole and amount of substance: A study of the dynamics of concept formation and concept attainment*. (Göteborg Studies in Educational Sciences 106.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Molander, Bengt-Olov (1997): *Joint discourses or disjoint courses. A study on learning in upper secondary school*. (Studies in Educational Sciences 8.) Stockholm, HLS Förlag.

- Axelsson, Harriet (1997): *Våga lära. Om lärare som förändrar sin miljöundervisning.* (Göteborg Studies in Educational Sciences 112.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Tullberg, Aina (1998): *Teaching the "mole". A phenomenographic inquiry into the didactics of chemistry.* (Göteborg Studies in Educational Sciences 118.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Szybek, Piotr (1999): *Staging science: Some aspects of the production and distribution of science knowledge.* Lund, Lunds universitet, Department of Education.
- Carlsson, Britta (1999): *Ecological understanding – A space of variation.* Luleå, Luleå University of Technology.
- Schoultz, Jan (2000): *Att samtala omli naturvetenskap. Kommunikation, kontext och artefakt.* (Linköping Studies in Education and Psychology No 67.) Linköping, Linköpings universitet, Institutionen för pedagogik och psykologi.
- Hansson, Birgit (2000): *Förutsättningar för gymnasieelevers kunskapsbildning och för undervisning inom miljöområdet.* Lund, Lund University, Department of Education.
- Dimenäs, Jörgen (2001): *Innehåll och interaktion. Om elevers lärande i naturvetenskaplig undervisning.* (Göteborg Studies in Educational Sciences 154.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Emanuelsson, Jonas (2001): *En fråga om frågor. Hur lärares frågor i klassrummet gör det möjligt att få reda på elevernas sätt att förstå det som undervisningen behandlar i matematik och naturvetenskap.* (Göteborg Studies in Educational Sciences 168.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Jakobsson, Anders (2001): *Elevers interaktiva lärande vid problemlösning i grupp. En processtudie.* (Studia Psychologica et Paedagogica Series Altera 156.) Lärarhögskolan i Malmö, Institutionen för Pedagogik.
- Svennbeck, Margareta (2003): *Omsorg om naturen: Om NO-utbildningens selektiva traditioner med fokus på miljöfostran och genus.* Uppsala, Acta Universitatis Upsaliensis.

I ämnesdidaktik med inriktning mot naturvetenskap

- Bach, Frank (2001): *Om ljuset i tillvaron – Ett undervisningsexperiment inom optik.* (Göteborg Studies in Educational Sciences 162.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Eskilsson, Olle (2001): *En longitudinell studie av 10–12-åringars förståelse av materiens förändringar* (Göteborg Studies in Educational Sciences, 167) Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

- Ekborg, Margareta (2002): *Naturvetenskaplig utbildning för hållbar utveckling? En longitudinell studie av hur studenter på grundskolläroprogrammet utvecklar för miljöundervisning relevanta kunskaper i naturkunskap.* (Göteborg Studies in Educational Sciences 188.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Lager-Nyqvist, Lotta (2003): *Att göra det man kan – en longitudinell studie av hur sju lärarstudenter utvecklar sin undervisning och förmar sin lärarroll.* Göteborg Studies in Educational Sciences 195.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Lindahl, Britt (2003): *Lust att lära naturvetenskap och teknik? En longitudinell studie om vägen till gymnasiet.* (Göteborg Studies in Educational Sciences, 196.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Zetterqvist, Ann (2003): *Ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi. En intervjuundersökning med 26 nolbiologilärare.* (Göteborg Studies in Educational Sciences 197.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Wallin, Anita (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.

I ämnet med didaktisk inriktning

- Adawi, Tom W. (2002): *From Branes to Brains: On M-theory and Understanding Thermodynamics.* (Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology Department of Physics.) Uppsala, University Publications from Uppsala.
- Ingerman, Åke (2002): *Exploring two facets of physics: coherent current transport in superconducting structures: phenomenographic studies of sense-making in physics.* Göteborg, Chalmers tekniska högskola.
- Bergendahl, Christina (2004): *Development of competence in Biochemical Experimental Work. Assessment of complex learning at university level.* Umeå, Umeå University: Department of Chemistry.

Publikationer i Na-didaktiska tidskrifter

Översikten visar publikationer från och med 2000 till hösten 2004 gjorda av svenska forskare i de ovan listade högst rankade Na-didaktiska tidskrifterna (International Journal of Science Education, Science Education, Journal of Research in Science Teaching, Research in Science Education, Studies in Science Education, Science & Education, American Journal of Physics).

- Andersson, Björn & Bach, Frank (2004): On Designing and Evaluating Teaching Sequences Taking Geometrical Optics as an Example. *Science Education*, accepted 12 July 2004.
- Andersson, Björn & Wallin, Anita (2000): Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO₂ emissions and the problem of ozone layer depletion. *Journal of research in science teaching*, 37(10), s. 1096–1111.
- Berg, C. Anders R., Bergendahl, V. Christina B., Lundberg, Bruno K. S. & Tibell, Lena A. E. (2003): Benefiting from open-ended experiments? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education* 25(3), s. 351–372.
- Carlsson, Britta (2002a): Ecological understanding 1: ways of experiencing photosynthesis. *International Journal of Science Education* 24(7), s. 661–680.
- Carlsson, Britta (2002b): Ecological understanding 1: transformation – a key to ecological understanding. *International Journal of Science Education* 24(7), s. 681–700.
- Dahlin, Bo (2001): The Primacy of Cognition – or of Perception? A Phenomenological Critique of the Theoretical Bases of Science Education. *Science&Education* 10 (5) 453–475.
- Helldén, Gustav (2004): Exploring understandings and responses to science: A program of longitudinal studies. *Research in Science Education*, Early view.
- Helldén, Gustav F. & Solomon, Joan (2004): The persistence of personal and social themes in context: Long and short term studies of students' scientific ideas. *Science Education* 88 (6), s.885–900.
- Ingerman, Åke & Booth, Shirley (2003): Expounding on physics: a phenomenographic study of physicists talking of their physics. *International Journal of Science Education* 25(12), s. 1489–1508.
- Redfors, Andreas & Ryder, Jim (2001): University physics students' use of models in explanations of phenomena involving interaction between metals and electromagnetic radiation. *International Journal of Science Education* 23 (12), s. 1283–1302.
- Svennbeck, Margareta. (2001): Rethinking the Discussion about Science Education in a Multicultural World: Some Alternative Questions as a New Point of Departure. *Science Education*, 85 (1), s. 80–81.
- Szybek, Piotr (2002): Science Education – An Event Staged on Two Stages Simultaneously. *Science&Education* 11 (6), s. 525–555.

- Wickman, Per-Olof (2004): The Practical Epistemologies of the Classroom: A Study of Laboratory Work. *Science Education*, 88(3), s. 324–344.
- Wickman, Per-Olof. & Östman, Leif (2002a): Induction as an empirical problem: how students generalize during practical work. *International Journal of Science Education*, 24, (5), s. 465–486.
- Wickman, Per-Olof & Östman, Leif (2002b): Learning as Discourse Change: A Sociocultural Mechanism. *Science Education*, 86 (5), s. 603–623.
- Åberg-Bengtsson, Lisbeth (1999): Dimensions of Performance in the Interpretation of Diagrams, Tables, and Maps: Some Gender Differences in the Swedish Scholastic Aptitude Test. *Journal of Research in Science Teaching* 36(5), s. 565–582.

Referenser

- AAAS (1990): *Science for All Americans*. New York, Oxford University Press.
- AAAS (1993): *Benchmarks for Science Literacy*. New York, Oxford University Press.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. (2000): The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of research in science teaching*, 37(10), s. 1057–1095.
- Aikenhead, G. S. (1996): Science Education: Border Crossing into the Subculture of Science. *Studies in Science Education*, 27, s. 1–52.
- Aikenhead, G. S. (2003): *Review of research on humanistic perspectives in science curricula*. Bidrag presenterat på ESERA-konferensen i Noordwijkhout, Holland. Hämtat 2004-08-31 från <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf>.
- Ajzen, I. (1985): From intentions to actions: A theory of planned behavior. I J. Kuhl & J. Beckmann red.: *Action control: From cognition to behavior*. New York, Springer-Verlag.
- Ajzen, I. & Fishbein, M. (1980): *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall Inc.
- Alsop, S. (2003): Science education and affect. *International Journal of Science Education* 25(9), s. 1043–1047.
- Andersson, B. (1989): *Grundskolans naturvetenskap. Forskningsresultat och nya idéer*. Stockholm, Utbildningsförlaget.
- Andersson, B. (2000a): *Om ämnesdidaktikens natur, kultur och värdegrund*. Göteborgs universitet; IPD. Hämtat 2004-08-31 från <<http://na-serv.did.gu.se/vadadidht00.pdf>>.
- Andersson, B. (2000b): National evaluation for the improvement of science teaching. I R. Millar, J. Leach & J. Osborne, red.: *Improving science education. The contribution of research*. Buckingham, Open University Press.
- Andersson, B. (2001): *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap. Forskningsresultat som ger nya idéer*. Stockholm, Liber.
- Andersson, B. (2002): Utveckling av naturvetenskaplig undervisning – två exempel. I H. Strömdahl, red.: *Kommunicera naturvetenskap i skolan*. Lund, Studentlitteratur.
- Andersson, B. & Bach, F. (2004): On Designing and Evaluating Teaching Sequences Taking Geometrical Optics as an Example. *Science Education*, accepted 12 July 2004.

- Andersson, B., Emanuelsson, J., & Zetterqvist, A. (1993): *Nationell utvärdering – åk 9. Lärare och elever bedömer grundskolans NO* (NA-spektrum nr 7). Göteborgs universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, B. & Wallin, A. (2000): Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO₂ emissions and the problem of ozone layer depletion. *Journal of research in science teaching*, 37(10), s. 1096–1111.
- Anderson, R.D. & Mitchener C.P. (1994): Research on science teacher education. I D. Gabel, red.: *Handbook of research on science teaching and learning*. (1–44) New York, Macmillan Publishing Company.
- Arzi, H.J. (1998): Enhancing Science Education Through Laboratory Environments: More than Walls, Benches and Widgets. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 595–608). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Ausubel, D. P. (1968): *Educational psychology: A cognitive view*. New York, Holt, Rinehart & Winston.
- Axelsson, H. (1997): *Våga lära. Om lärare som förändrar sin miljöundervisning*. Diss., Göteborg studies in educational sciences 112. Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Bach, F. (2001): *Om ljuset i tillvaron – Ett undervisningsexperiment inom optik*. (Göteborg Studies in Educational Sciences 162). Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Baird, J.R. (1998): A View of Quality in Teaching. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 153–167). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Bakhtin, M. (1981): The dialogic imagination. I Holquist, red.: *Four essays by M. M. Bakhtin*. Austin, University of Texas Press.
- Bandura, A. (1997): *Self-efficacy. The exercise of control*. New York, W. H. Freeman and Company.
- Barab, S. (2003): Notes on the Paper Set. *Science Education* 87, 453.
- Barab, S. & Luehmann, A. (2003): Building sustainable science curriculum: acknowledging and accommodating local adaptation. *Science Education* 87, s. 454–467.
- Bartholomew, H., Osborne, J. & Ratcliffe, M. (2004): Teaching Students “Ideas-About-Science”: Five Dimensions of Effective Practice. *Science Education* 88, s. 655–682.
- Barton, A. C. (1998): *Feminist science education*. New York, Teachers College Press.
- Barton, A. (2003): *Teaching science for social justice*. New York, Teacher College Press.

- Barton, A. & Yang, K. (2000): The culture of power and science education: Learning from Miguel. *Journal of Research in Science Teaching* 37(8), s. 871–899.
- Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Smith, T. A. & Kelly, D. L. (1996): *Science Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science Study*. Boston, Boston College.
- Beeth, M., Duit, R., Prenzel, M., Ostermeier, C., Tytler, R. & Wickman, P.O. (2003): Quality development projects in science education. I D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselves, G. Fassouloupoulos, E. Hatzikraniotis & M. Kallery, red.: *Science education research in the knowledge based society*. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher.
- Bell, B. (2000): Formative assessment and science education: a model and theorizing. I R. Millar, J. Leach & J. Osborne, red.: *Improving science education*. The contribution of research. Buckingham, Open University Press.
- Benckert, S. & Staberg, E.-M. (1988): *Riktat sig läroböckerna i NO-ämnena mer till pojkar än flickor?* (R88:11). Stockholm, Skolöverstyrelsen.
- BIQUA (2004): *Bildungsqualität von Schule*. Hämtat 2004-08-31 från <www.ipn.uni-kiel.de/projekte/biqua/biqua_eng.htm>.
- Black, P. (1998): *Testing: Friend or Foe? Theory and Practice of Assessment and Testing*. London, Falmer Press.
- Black, P. & Atkin, J. M. red.: (1996): *Changing the subject. Innovations in science, mathematics and technology education*. London, Routledge.
- Black, P. & Harrison, C. (2000): Formative assessment. I M. Monk & J. Osborne, red.: *Good practice in science teaching. What research has to say*. Maidenhead: Open University Press.
- Bowden, J. & Marton, F. (1998): *The university of learning. Beyond quality and competence in higher education*. London: Cogan Page.
- Brehm, S. K., Russell, J. & Werms, L. (2001): Science on the Web: students' evaluations of scientific arguments. *Discourse Processes* 32, s. 191–213.
- Brickhouse, N.W. (2001): Embodying science: A feminist perspective on learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3) s. 282–295.
- Bruner, J. (1985): Vygotsky. A historical and conceptual perspective. I J. Wersch, red.: *Culture, communication and cognition: Vygotskian perspectives*. (21–34) Cambridge University Press, England.
- Bryan, L. & Abell, S. (1999): Development of professional knowledge in learning to teach elementary science. *Journal of Research in Science Teaching* 36 (2) s. 121–140.

- Buck, P., Goedhart, M.J., Gräber, W., Kaper, W.H., Koballa, T., Linder, C., Marton, F., Schwedes, H., Spiliotopoulou, V., Tsagliotis, N.L. & Vogelsang, M. (2003): I D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselfes, G. Fassoulopoulou, E. Hatzikraniotis & M. Kallery, red.: *Science education research in the knowledge based society*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Buffler, A., Allie, S., Lubben, F., & Campbell, B. (2001): The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education* 23(11), s. 1137–1156.
- Carlsson, B. (1999): *Ecological understanding – A space of variation*. Luleå, Luleå University of Technology.
- Carlsson, B. (2002a): Ecological understanding 1: ways of experiencing photosynthesis. *International Journal of Science Education* 24(7), s. 661–680.
- Carlsson, B. (2002b): Ecological understanding 2: transformation – a key to ecological understanding. *International Journal of Science Education* 24(7), s. 681–700.
- Clark, D. & Jorde, D. (2004): Helping Students Revise Disruptive Experientially Supported Ideas about Thermodynamics: Computer Visualizations and Tactile Models. *Journal of Research in Science Teaching* 41(1), s. 1–23.
- Claxton, G. (1989): Cognition doesn't matter if you are scared, depressed and bored. I S. Adey, J. Bliss, J. Head & M. Shayer, red.: *Adolescent development and school science*. London: Falmer Press.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. Och Schaubel, L. (2003): Design experiments in educational research. *Educational Researcher* 32, s. 9–13.
- Coburn, W. W. (1996): Worldview theory and conceptual change in science education. *Science Education* 80(5), s. 579–610.
- Coburn W.W. & Aikenhead, G.S. (1998): Cultural aspects of learning. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 39–52). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Cochran, K.F. & Jones, L.L. (1998): The subject matter knowledge of pre-service science teachers. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 707–718). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Costa, V.B. (1995): When Science is "Another World": Relationships between worlds of Family, Friends, School and Science. *Science Education* 79, s. 313–333.
- Crowley, K., Callanan, M. A., Tenenbaum, H. R., & Allen, E. (2001): Parents explain more often to boys than to girls during shared scientific thinking. *Psychological Science* 12(3), s. 258–261.

- CTGV (2000): Adventures in Anchored Instruction: Lessons From Beyond the Ivory Tower. I R. Glaser, red.: *Advances in Instructional Psychology. Volume 5 Educational Design an Cognitive Science*. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates.
- Dahlin, B. (2002): *Den tunga vetenskapen – lärarstuderandes uppfattningar av naturvetenskap med kontroversen mellan Goethes och Newtons optik som utgångspunkt*. Karlstad, Karlstads universitet.
- Dahncke, H., Duit, R., Gilbert, J., Östman, L., Psillos, D. & Pushkin, D.B. (2001): Science education versus science in the academy: Questions – Discussion – Perspectives. I H. Behrendt, H. Dancke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross & P. Reiska, red.: *Research in science education – Past, present and future* (s. 27–41). Dordrechts, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- De Jong, O., Korthagen, F. & Wubbels, T. (1998): Research on science teacher education in Europe: Teacher thinking and conceptual change. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 53–66). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Design based research collective (2003): Design based research: an emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher* 32, s. 5–8.
- Dierking, L. D., Ellenbogen, K. M. & Falk, J. H. (2004): In Principle, In Practice: Perspectives on a Decade of Museum Learning Research (1994–2004). *Science Education* 88 (Suppl.1).
- Dimenäs, J. (2001): *Innehåll och interaktion. Om elevers lärande i naturvetenskaplig undervisning*. Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Donnelly, J. F. (2004): Humanizing Science Education. *Science Education* 88, s. 762–784.
- Driver, R. (1989): Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education* 11, s. 481–490.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994): Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher* 23(7), s. 5–12.
- Driver, R. & Easley, J. (1978): Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education* 10, s. 37–60.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996): *Young peoples images of science*. Buckingham, Open University Press.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000): Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education* 84, s. 287–312.

- Driver, R. & Osborne, J. (1997): *Beyond 2000 – A Science Curriculum for the 21st Century*. Bidrag presenterat vid ESERA-konferensen i Rom 1997.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994): *Making sense of secondary science – research into children's ideas*. London, Routledge.
- Duggan, S. & Gott, R. (2002): What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education* 24(7), s. 661–679.
- Duit, R. (2004): *Students' and Teachers' Conceptions and Science Education (STCSE)*. Kiel, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften (IPN). 2004-08-31 <<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuelle/stcse/>>
- Duit, R. & Treagust, D. (1998): Learning in science – From behaviourism towards social constructivism and beyond. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 3–26). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Duit, R. & Treagust, D. (2003): Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education* 25(6), s. 671–688.
- Dysthe, O. (1996): *Det flerstämmiga klassrummet*. Lund, Studentlitteratur.
- Edelson, D.C. (1998): Realising Authentic Science Learning through the Adaptation of Scientific Practice. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 317–332). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Egan, K. (1995): *Berätta som en saga*. Stockholm, Runa Förlag AB.
- Echinger, J. (1997): Successful students' perceptions of secondary school science. *School Science & Mathematics*, 97(3), s. 122–132.
- Einarsson, J., & Hultman, T. (1984): *Godmorgon pojkar och flickor*. Om språk och kön i skolan. Malmö, Liber.
- Ekborg, M. (2002): *Naturvetenskaplig utbildning för hållbar utveckling? En longitudinell studie av hur studenter på grundskolläroprogrammet utvecklar för miljöundervisning relevanta kunskaper i naturkunskap*. (Göteborg Studies in Educational Sciences 188.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Ekstig, B. (2002): *Naturen, naturvetenskapen och lärandet*. Lund: Studentlitteratur.
- Elby, A. & Hammer, D. (2001): On the substance of sophisticated epistemology. *Science Education* 85, s. 554–567.
- EPSE (2004): *Evidence-based Practice in Science Education*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://www.york.ac.uk/depts/educ/projs/EPSE>>.
- Epstein, D., Elwood, J., Hey, V. & Maw, J., red. (1998): *Failing Boys? Issues in gender and achievement*. Buckingham, Open University Press.

- Erickson, G. (2000): Research programmes and the student science learning literature. I R. Millar, J. Leach & J. Osborne, red.: *Improving Science Education – the contribution of research* (s. 271–292). Buckingham, Open University Press.
- Eskilsson, O. (2001): *En longitudinell studie av 10–12-åringars förståelse av materiens förändringar*. Göteborg Studies in Educational Sciences 167. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- EU. (2004): Science and Society; *Action plan*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://cordis.lu/science-society>>.
- Fensham, P. (1998): The Politics of Legitimizing and Marginalizing Companion Meanings: Three Australian Case Stories. I D. A. Roberts & L. Östman, red.: *Problems of Meaning in Science Curriculum* (s. 178–192). New York, Teachers College Press.
- Fensham, P. (2001): Science content as problematic – Issues for research. I H. Behrendt, H. Dancke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross & P. Reiska, red.: *Research in science education – Past, present and future* (s. 27–41). Dordrechts, Kluwer Academic publishers.
- Fensham, P. (2002): Time to Change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education* 2(1), s. 9–23.
- Fensham, P. (2003): *Defining an identity – The evolution of science education as a field of research*. Dordrechts, Kluwer Academic Publishers.
- Finansdepartementet. (2000): *Med många mått mätt – en ESO-rapport om internationell benchmarking av Sverige*. Stockholm, Regeringskansliet (Ds 2000:23).
- FONTD (2001): *Forskarskolan i Naturvetenskaperna och Teknikens Didaktik*. Hämtat 2004-08-31 från <www.liu.se/fontd>.
- Fraser, B. J. (1982): How strongly are attitudes and achievement related? *School Science Review* 63(224), s. 557–559.
- Fraser, B.J. (1998): Science Learning Environments: Assessment, Effects and Determinants. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 527–564). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Fraser, B.J. & Tobin, K. G., red.: (1998): *International Handbook of Science Education I and II*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Furnham, A. (1992): Lay understanding of science: Young people and adults' ideas of scientific concepts. *Studies in Science Education* 20, s. 29–64.
- Gabel, D. (1998): The Complexity of Chemistry and Implications for Teaching. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 233–248). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Galili, I. & Hasan, A. (2000): The Influence of an historically oriented course on students' content knowledge in optics evaluated by means of facets-schemes analysis. *American Journal of Physics* 68(S1), s. 3–14.
- Gardner, P. L. (1975): Attitudes to Science: A Review. *Studies in Science Education* 2, s. 1–41.
- Gardner, P. L. (1985): Students' interest in science and technology: An international overview. I M. Lehrke, L. Hoffmann & P. L. Gardner, red.: *Interests in Science and Technology Education* (s. 15–34). Kiel: Institute for Science Education (IPN).
- Gardner, P. L. (1995): Measuring Attitudes to Science: Unidimensionality and Internal Consistency Revisited. *Research in Science Education* 25(3), s. 283–289.
- Gess-Newsome, J. & Lederman, N. red. (1999): *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrech, Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J.K. & Boulter, C.J. (1998): Learning science through models and modelling. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 53–66). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Gisselberg, K. (1991): *Vilka frågor ställer elever och vilka elever ställer frågor? En studie av elevers frågor i naturorienterande ämnen i och utanför klassrummet*. Umeå universitet, Pedagogiska institutionen.
- Grayson, D. J. (2004): Concept substitution: A teaching strategy for helping students disentangle related physics concepts. *American Journal of Physics* 72, s. 1126–1133.
- Göteborgsgruppen för forskning om naturvetenskaplig undervisning (2004): Hämtat 2004-08-31 från <<http://na-serv.did.gu.se>>.
- Hargreaves, A. (1996): The emotional practice of teaching. *Teaching and Teacher Education*, 14, s. 835–854.
- Harlen, W. (1985): Science Education: Primary-School programmes. I T. Husén & T. N. Postlethwaite, red.: *The International Encyclopedia of Education* (s. 4456–4461) Oxford, Pergamon Press.
- Harlen W. (1998): Teaching for Understanding in Pre-Secondary Science. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 183–197). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Harlen, W. (1999): *Effective teaching of science – A review of research*. Edinburgh: The Scottish Council for Research in Education.
- Harlen, W. (2001): The assessment of scientific literacy in the OECD/PISA project. I H. Behrends, H. Dancke, R. Duit, W. Gräber, M. Komarek & A. Kross, red.: *Research in Science Education – past, present and future* (s. 49–60). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

- Helldén, G. (2004a): A study of recurring core developmental features in students' conceptions of some key ecological processes. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education* 4(1), s. 59–76.
- Helldén, G. (2004b): Exploring understandings and responses to science: A program of longitudinal studies. *Research in Science Education*, Early view.
- Helldén, G.F. & Solomon, J. (2004): The persistence of personal and social themes in context: Long and short term studies of students' scientific ideas. *Science Education* 88(6), s. 885–900.
- Hewson P.W. (1981): A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education* 3, s. 383–396.
- Hewson, P.W. & Hewson, M.G.A'B (1984): The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science* 13, s. 1–13.
- Hewson, P.W., Beeth, M.E. & Thorley, N.R. (1998): Teaching for Conceptual Change. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 199–218). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Hewson, P.W. & Lemberger, J. (2000): Research programmes and the student science learning literature. I R. Millar, J. Leach & J. Osborne, red.: *Improving Science Education – the contribution of research* (s. 110–125). Buckingham: Open University Press.
- Hidi, S. & Harackiewicz, J. M. (2000): Motivating the academically Unmotivated: A Critical issue for the 21st Century. *Review of Educational Research* 70(2), s. 151–179.
- Hobden, P. (1998): The Role of Routine Problem Tasks in Science Teaching. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 219–231). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Hodson, D. (2003): Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education* 25(6), s. 645–670.
- Holden, C. (1993): Giving girls a change: patterns of talk in co-operative group works. *Gender and Education* 5, s. 179–189.
- Holgersson, I. & Löfgren, L. (2004): A long-term study of students' explanations of transformation of matter. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education* 4(1), s. 77–96.
- Hägglund, S.-O. & Madsén, T. (1999): *Från PEEL till PLAN: en strategi för utveckling av lärares och elevers aktiva lärande under eget ansvar*. Kristianstad, Centrum för kompetensutveckling, Högskolan Kristianstad.
- Häussler, P. & Hoffmann, L. (2002): An Intervention Study to Enhance Girl's Interest, Self-Concept, and Achievement in Physics Classes. *Journal of Research in Science Education* 39(9), s. 870–888.

- IPN (2004): *Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://www.ipn.uni-kiel.de>>
- Jenkins, E.W. (1999): Practical work in school science.- Some question to be answered. I J. Leach. & A. Chr. Paulsen, red.: *Practical Work in Science Education. – Recent Research Studies*. Dordrecht/Roskilde, Kluwer Academic Publishers/Roskilde University Press.
- Jenkins, E. (2001): Research in Science Education in Europe: Retrospect and Prospect. I H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross & P. Reiska red.: *Research in Science Education – Past, Present, and Future*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Jorde, D. (2003): The role of information technology in teaching and learning. D. Jorde & B. Bungum, red.: *Naturfagdidaktikk. Perspektiver, forskning, utvikling*. Oslo, Gyldendal Norsk Forlag.
- Kanari, Z. & Millar, R. (2004): Reasoning from Data: How Students Collect and Interpret Data in Science Investigations. *Journal of Research in Science Teaching* 41(7), s. 748–769.
- Keeves, J. P. & Aikenhead, G. S. (1995): Science Curricula in a Changing World. I B. J. Fraser & H. J. Wahlberg, red.: *Improving Science Education* (s. 13–45). Chicago: National Society for the Study of Education.
- Kelly, A. (1986): *Gender differences in teacher – pupil interactions: A meta – analytic review*. University of Manchester: Department of Sociology.
- Koballa Jr., T. R. (1995): Children's Attitudes toward Learning Science. I S. M. Glynn & R. Duit, red.: *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice* (s. 59–84). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Kolstø, S. D. (2001): *Science Education for Citizenship. Thoughtful Decision-Making About Science-Related Social Issues*. Oslo, University of Oslo, Faculty of Mathematics and Natural Science.
- Kruse, A.-M. (1996): Single-sex Settings: Pedagogies for Girls and Boys in Danish Schools. I P. F. Murphy & C. V. Gipps, red.: *Equity in the Classroom*. London, The Falmer Press (UNESCO Publishing).
- Kärrqvist, C. (1985): *Kunskapsutveckling genom experimentcentrerade dialoger i ellära*. (Göteborg Studies in Educational Sciences 52). Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Lager-Nyqvist, L. (2003): *Att göra det man kan – en longitudinell studie av hur sju lärarstudenter utvecklar sin undervisning och formar sin lärarroll*. (Göteborg Studies in Educational Sciences 195.) Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

- Larson J.O. (1995): *Fatima's rules and other elements of an unintended chemistry curriculum*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Fransisco.
- Lave, J. & Wenger, E. (1988): *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Lavonen, J., Aksela, M., Junit, K. & Meisalo, V. (2003): Designing a user-friendly microcomputer-based laboratory package through the factor analysis of teacher evaluation. *International Journal of Science Education* 25(12), s. 1471–1487.
- Leach, J., Hind, A. & Ryder, J. (2003): Designing and Evaluating Short Teaching Interventions About the Epistemology of Science in High School Classrooms. *Science and Education* 87, s. 831–848.
- Leach, J. & Paulsen, A.Chr., red. (1999): *Practical Work in Science Education. – Recent Research Studies*. Dordrecht/Roskilde, Kluwer Academic Publishers/Roskilde University Press.
- Leach, J. & Scott, P. (2003): Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science and Education* 12(1), s. 91–113
- Lemke, J. (1990): *Talking science: language, learning and values*. Norwood, Ablex.
- Leontjev, A.N. (1981): The problem in activity psychology. I J.V. Wertsch, red.: *The concept of activity in Soviet psychology*. Armonk, Sharpe.
- Levinson, R. & Thomas, J., red. (1997): *Science Today. Problem or Crisis?* London, Routledge.
- Lijnse, P. (2000): Didactics of science: The forgotten dimension in science education research. I R. Millar, J. Leach & J. Osborne, red.: *Improving science education* (s. 308–326). Buckingham, Open University.
- Lindahl, B. (2003): *Lust att lära naturvetenskap och teknik? En longitudinell studie om vägen till gymnasiet*. Göteborg Studies in Educational Sciences, 196. Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Lindner, C. & Marshall, D. (2003): Reflection and phenomenography: towards theoretical and educational development possibilities. *Learning and Instruction* 13, s. 271–284.
- Linn, M.C. (1998): The Impact of Technology on Science Instruction: Historical Trends and Current Opportunities. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 265–294). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Linn, M.C. (2003): Technology and science education: starting points, research programs, and trends. *International Journal of Science Education* 25, s. 727–758.

- Linn, M.C., Davis, E.A. & Bell, P. (2004): *Internet environments for science education*. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates.
- LISMA (2004): *Learning in Science and Mathematics*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://www.mna.hkr.se/lisma/>>.
- Loughran, J.J. Mulhall, P. & Berry, A. (2004): In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. *Journal of Research in Science Teaching* 41 (4) s. 370–391.
- Lunetta, V.N. (1998): The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 249–262). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- LÄRNOT (2004): Hämtat 2004-08-31 från <<http://www.ped.uu.se/research/projekt.aspx>>.
- Marton, F. & Booth, S. (1997): *Learning and Awareness*. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates.
- Marton, F. & Booth, S. (2000): *Om lärande*. Lund, Studentlitteratur.
- Marton, F., Runesson, U. & Tsui, A.B.M. (2004): The space of learning. I Marton, F. & Tsui, A. B. M., red.: *Classroom discourse and space of learning* (s. 1–72). Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates.
- Marton, F. & Tsui, A. B. M., red. (2004): *Classroom discourse and space of learning*. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates.
- 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 Publishers.
- McDermott, L.C. (2001): Oerstad Medal Lecture 2001: "Physics Education Research – The Key to Student Learning". *American Journal of Physics* 69(11), s. 1127–1137.
- McFarland, A.E. & Friedler, Y. (1998): Where You Want IT, When You Want IT: The Role of Portable Computers in Science Education. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 399–418). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McRobbie, C.J., Fisher, D.L. & Wong, A.F.L. (1998): Personal and Class Forms of Classroom Environment Instruments. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 581–594). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Millar, R. (1996): Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review* 77(280), s. 7–18.

- Millar, R, Le Maréchal, J.F & Tiberghien, A.(1999): Mapping the domain. Varieties of practical work. I J. Leach. & A. Chr. Paulsen, red.: *Practical Work in Science Education. – Recent Research Studies*. Dordrecht/Roskilde, Kluwer Academic Publishers/Roskilde University Press.
- Millar, R., & Osborne, J. (1998): *Beyond 2000: Science education for the future* [www]. King's College London, School of Education. Hämtat, 2004-08-31 från <<http://www.kcl.ac.uk/depsta/education/be2000/be2000.pdf>>.
- Mitchell, J., Loughran, J. & Mitchell, I., red.: (2001): *Insights into PEEL Practice: Invitations to Action*. PEEL, Faculty of Education, Monash University, Melbourne.
- Mogensen, F. (1999): *Et didaktiskt faghäfte om Miljöundervisning – urvikling og kvalitet*. København, Danmarks lærerhøgskole.
- Moje, E., Collazo, T. Carrillo, R. & Marx, R. (2001): Maestro, what is 'quality'? Language, literacy and discourse in project-based science. *Journal of Research in Science Teaching* 38(4), s. 469–498.
- Naylor S., Downing, B. & Keogh B. (2001): *An empirical study of argumentation in primary science, using Concept Cartoons as the stimulus*. Bidrag presenterat vid ESERA-konferensen i Thessaloniki, Grekland. Hämtat, 2004-08-31 från <<http://www.conceptcartoons.com/>>.
- Newman, D., Griffin, P & Cole, M. (1989): *The construction zone: Working for cognitive change in School*. New York, Cambridge University Press.
- Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999): The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education* 21, s. 553–576.
- Northfield, J. (1998): Teacher education and practice of science teacher education. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 53–66). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- NOT. (1994): *Mer formler än verklighet. Ungdomars attityder till teknik och naturvetenskap*. (NOT-häfte nr 2). Stockholm, Skolverket och Verket för högskoleservice.
- NOT. (1996): *NT-resan. Så får högskolan fler studenter till naturvetenskap och teknik*. (NOT-häfte nr 6). Stockholm, Skolverket och Högskoleverket.
- Novak, J. (1978): An alternative to Piagetian psychology for science and mathematics education. *Studies in Science Education* 5, s. 1–30.
- Novak, J. (1998): *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates.
- NSRC (2004): *National Science Resource Centre*. Hämtat 2004-08-31 < <http://www.nsrconline.org/>>.

- NTA (2004): *Naturvetenskap och teknik för alla*. Hämtat 2004-08-31 <<http://www.nta.nu/>>.
- OECD (2000): *Measuring Students Knowledge and Skills. The PISA 2000 Assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris, OECD Publications.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. & Maegilliendby, K. (1996): *Explaining science in the classroom*. Buckingham, Open University Press.
- Orpwood, G. (1998): The Logic of Advice and Deliberation: Making Sense of Science Curriculum Talk. I D. A. Roberts & L. Östman, red.: *Problems of Meaning in Science Curriculum* (s. 133–149). New York: Teachers College Press.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003): What "Ideas-about-Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching* 40, s. 692–720.
- Osborne, J., Driver, R., & Simon, S. (1998): Attitudes to science: issues and concerns. *School Science Review* 79(288), s. 27–33.
- Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. (2003): Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education* 25(9), s. 1049–1079.
- Pedersen, S. (1995): *Frågorna i centrum, Varför är Himlen blå?* Idéskrift från NOT 2000.
- PEEL (2004): *The Project for Enhancing Effective Learning*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://www.peelweb.org/>>.
- Piaget, J. (1964): Development and learning. *Journal of Research in Science Teaching* 2, s. 176–186.
- PISA (2004): *Programme for International Student Assessment*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://www.pisa.oecd.org>>.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982): Accommodation of Scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), s. 211–227.
- Ramsden, J. M. (1998): Mission impossible?: Can anything be done about attitudes to science? *International Journal of Science Education* 20(2), s. 125–137.
- Ratcliffe, M. & Grace, M. (2003): *Science Education for Citizenship. Teaching Socio-Scientific Issues*. Maidenhead, Open University Press.
- Redish, E.F. (1998): Millikan Lecture 1998: Building a Science of Teaching Physics. *American Journal of Physics* 67(7), s. 562–573.

- Redfors, A. & Ryder, J. (2001): University physics students' use of models in explanations of phenomena involving interaction between metals and electromagnetic radiation. *International Journal of Science Education* 23(12), s. 1283–1302.
- Reiss, M. (2000): *Understanding Science Lessons – Five years of science teaching*. Buckingham: Open University Press.
- Renström, L. (1988): *Conceptions of matter: A phenomenographic approach*. Göteborg Studies in Educational Sciences 167. Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Reuterberg, S.-E, & Svensson, A. (1998): *Vem väljer vad i gymnasieskolan? Förändringar i rekryteringsmönstret efter den senaste gymnasieformen*. (Rapport 1998:06). Göteborgs universitet, Institutionen för pedagogik.
- Riis, U. (1988): *Naturvetenskaplig undervisning i svensk skola – huvudresultat från en IEA-undersökning*. Stockholm, Skolöverstyrelsen.
- Ripple, R. & Rockcastle, V., red.: (1964): *Piaget rediscovered. A report of the Conference on Cognitive Studies and Curriculum Development*. Itaca, Department of Education, Cornell University.
- Ritchie, S. M. & Tobin, K. (2001): Actions and discourses for transformative understanding in middle school science class. *International Journal of Science Education* 23, s. 283–299.
- Rivard, L. P. & Straw, S. B. (2000): The effects of talk and writing on learning science: an exploratory study. *Science Education* 84, s. 566–593.
- Roberts, D. A. (1988): What Counts as Science Education? I P. Fensham, red.: *Development and Dilemmas in Science Education*. London, The Falmer Press.
- ROSE (2004): *The Relevance of Science Education*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://www.ils.uio.no/forskning/rose/>>.
- Roth W.-M. (1998): Teaching and Learning as Everyday Activity. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 169–182). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Roth, W.-M. & Lee, S. (2004): Science Education as/for Participation in the Community. *Science Education* 88, s. 263–291.
- Ryder, J. (2001): Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education* 36, s. 1–42.
- Sandström-Madsén, I. (1996): *Skriva för att lära. Skrivande och samtal som redskap för en bättre undervisning*. Kristianstad, Högskolan Kristianstad, Centrum för kompetensutveckling.
- SCCC (1996): *Science education in Scottish schools: Looking to the future*. Broughty Ferry, Scottish Consultative Council on the Curriculum.

- Schecker, H.P. (1998): Integration of Experimenting and Modelling by Advanced Educational Technology: Examples from Nuclear Physics. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (383–398). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Schibeci, R. A. (1984): Attitudes to Science: an update. *Studies in Science Education* 11, s. 26–59.
- Schibeci, R. A. (1985): Students' attitudes to science: What influences them, and how these influences are investigated. I M. Lehrke, L. Hoffmann & P. L. Gardner, red.: *Interests in Science and Technology Education* (s. 35–48). Kiel, Institute for Science Education.
- Schiefele, U., Krapp, A. & Winteler, A. (1992): Interest as a Predictor of Academic Achievement: A Meta-Analysis of Research. I K. A. Renninger, S. Hidi, & A. Krapp red.: *The Role of Interest in Learning and Development*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Schoultz, J. (2000): *Att samtala om/i naturvetenskap. Kommunikation, kontext och artefakt*. Linköping Studies in Education and Psychology No 67). Linköping, Linköpings universitet., Institutionen för pedagogik och psykologi.
- Schoultz, J. (2002): Att utvärdera begreppsförståelse. I H. Strömdahl red.: *Kommunicera naturvetenskap i skolan*. Lund, Studentlitteratur.
- Schoultz, J., Säljö, R. & Wyndhamn, J. (2001): Heavenly talk. Discourse, artifacts, and children's understanding of elementary astronomy. *Human Development* 44, s. 103–118.
- Scott, P. (1998): Teacher talk and meaning making in science classrooms: A vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education* 32, s. 45–80.
- Scott, P & Driver, R. (1998): Learning about science teaching: Perspectives from action research. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 265–294). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Scott, P., Driver, D., Leach, J. & Millar, R. (1993): *Students' understanding of the nature of science: Working papers 1–11*. Children's Learning in Science Research Group. Leeds, University of Leeds.
- Sfard, A. (1998): On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher* 27(2), s. 4–13.
- Shamos, M. H. (1995): *The myth of scientific literacy*. Brunswick, Rutgers University Press.
- Shapiro, B. (1998): Reading the Future: The Semiotic Interpretation of Science Learning Environments. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 609–622). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

- Shapiro, B., & Kirby, D. (1998): An Approach to Consider the Semiotic Messages of School Science Learning Culture. *Journal of Science Teacher Education* 9(3), s. 221–240.
- Sherwood, R.D., Petrosino, A.J., Lin, X. & Cognition and Technology group at Vanderbilt. (1998): Problem-based Macro Contexts in Science Instruction: Design Issues and Applications. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 349–362). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Shrigley, R. L. (1990): Attitude and behavior are correlates. *Journal of Research in Science Education* 27(2), s. 97–113.
- Shulman, L. (1986): Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. I M. Wittrock, red.: *The Handbook of Research on Teaching*. (s. 3–36). New York, Macmillan.
- Shulman, L.S. (1987): Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review* 57(1), s. 1–22.
- Simpson, R. D., Koballa Jr., T. R., Oliver, J. S. & Crawley III, F. E. (1994): Research on the Affective Dimension of Science Learning. I D. L. Gabel, red.: *Handbook of Research on Science Teaching and Learning I* (s. 211–234). New York: Macmillan Publishing Company.
- Sinatra, G. M. & Pintrich, P. R., red. (2003): *Intentional conceptual change*. Mahwah, Erlbaum.
- Sjøberg, S. (2000a): *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund, Studentlitteratur.
- Sjøberg, S. (2000b): *Science And Scientists: The SAS-study. Cross-cultural evidence and perspective on pupil's interests, experiences and perceptions*. Oslo, University of Oslo.
- Sjøberg, S. (2002): *Science for the children? Report from the Science and Scientists-project*. Oslo, University of Oslo.
- Sjøberg, S. & Kallerud, E., red. (1997): *Science, Technology and Citizenship. The Public Understanding of Science and Technology in Science Education and Research Policy*. Oslo, Norsk institutt for studier av forskning og utdanning.
- Skamp, K. & Mueller A. (2001a): A longitudinal study of the influences of primary and secondary school, university and practicum on student teachers' images of effective primary science practice. *International Journal of Science Education* 23(3), s. 227–245.
- Skamp, K. & Mueller A. (2001b): Student teachers' conceptions about effective primary science teaching: a longitudinal study. *International Journal of Science Education* 23(4), s. 331–352.

- Skolverket. (1996): *TIMSS. Svenska 13-åringars kunskaper i matematik och naturvetenskap i ett internationellt perspektiv* (Rapport 114). Stockholm, Liber.
- Skolverket. (1998a): *TIMSS. Kunskaper i matematik och naturvetenskap hos svenska elever i gymnasieskolans avgångsklasser* (Rapport 145). Stockholm, Liber.
- Skolverket. (1998b): *Utvärdering av gymnasieprogram 1997. Naturvetenskapsprogrammet*. Stockholm, Liber Distribution.
- Skolverket (2003a): *Beskrivande data om barnomsorg, skola och vuxenutbildning*. Rapport nr 236. Stockholm, Liber.
- Skolverket (2003b): *Lusta att lära – med fokus på matematik*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://www.skolverket.se/publicerat/press/press2003/filer03/lustattlara.pdf>>.
- Skolverket (2004a): *SIRIS*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://sir.is.skolverket.se>>.
- Skolverket (2004b): *Nationell utvärdering*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://www.skolverket.se/nat/>>.
- Skolverket (2004c): *PISA*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://www.skolverket.se/pisa/>>.
- Smail, B. (1987): Organizing the curriculum to fit girls' interests. I A. Kelly, red.: *Science for girls?* (s. 80–88). Milton Keynes, Open University.
- Snir, J., Smith, C. & Raz, G. (2003:) Linking phenomena with competing underlying models: A software tool for introducing students to the particulate model of matter. *Science Education* 87(6), s. 794–830.
- Solomon, J. (1994a): The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education* 23, s. 1–19.
- Solomon, J. (1994b): Towards a notion of home culture: science education in the home. *British Educational Research Journal* 20, s. 565–577.
- Solomon, J. (1998): About argument and discussion. *School Science Review* 80(291), s. 57–59.
- Solomon, J. (2003): Home-School Learning of Science: The Culture of Homes, and Pupils' Difficult Border Crossing. *Journal of Research in Science Teaching* 40(2), s. 219–233.
- Solomon, J., & Aikenhead, G., red. (1994): *STS Education. International Perspective on Reform*. New York: Teachers College Press.
- Songer N.B. (1998): Can Technology Bring Students Closer to Science? I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 333–348). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

- SOU (1992): *Skola för bildning. Betänkande av läroplanskommittén.* (SOU1992:94.) Stockholm, Allmänna förlaget.
- Spence, D., Yore, L. & Williams, R. (1999): The effects of explicit science reading instruction on selected grade 7 students' metacognition and comprehension of specific science texts. *Journal of Elementary Science Education* 11(2), s. 15–30.
- Spitulnik, M.W., Stratford, S., Krajcik, J. & Soloway, E. (1998): Using Technology to support Students' Artefact Construction in Science. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 363–382). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Staberg, E.-M. (1992): *OLIKA världar skilda VÄRDERINGAR. Hur flickor och pojkar möter högstadiets fysik, kemi och teknik.* Umeå universitet, Pedagogiska institutionen.
- Stanfors, M. (2000): *Säkert och sakta. En historisk översikt över kvinnors intåg i naturvetenskaplig och teknisk utbildning.* (NOT-häfte 18.) Stockholm, Skolverket och Högskoleverket.
- Stinner, A. & Williams, H. (1998): History and Philosophy of Science in the Science Curriculum. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education II* (s. 1027–1046). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- STISS (2001): *Science teacher training in an information society.* Hämtat 2004-08-31 från <www.blues.uab.es/~idmc42/sttis.html>.
- Strike K. A. & Posner, G. J. (1992): A revisionist theory of conceptual change. I R. A. Duschl & R. J. Hamilton, red.: *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (s. 147–176). New York, State University of New York Press.
- Strömdahl, H. (1996): *On mole and amount of substance: A study of the dynamics of concept formation and concept attainment.* Göteborg Studies in Educational Sciences 106. Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Strömdahl, H. (2000): *No-didaktisk forskning i Sverige – en lägesrapport och några förslag vid millennieskiftet 1999/2000.* Stockholm: Högskoleverket.
- Strömdahl, H., Tullberg, A. & Lybeck, L. (1994): The qualitatively different conceptions of 1 mol. *International Journal of Science Education* 16(1), s. 17–26.
- Sutton, C. (1998): New Perspectives on Language in Science. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 27–38). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

- Swain, J. (2000): Summative assessment. I M. Monk & J. Osborne, red.: *Good practice in science teaching. What research has to say*. Maidenhead, Open University Press.
- Sweeney, A. & Paradis, J. (2004): Developing a laboratory model for the professional preparation of future science teachers: A situated cognition perspective. *Research in Science Education* 34, s. 195–219.
- Svensson, A. (1995): *Att välja eller välja bort naturvetenskap och teknik*. (NOT-häfte nr 3). Stockholm, Skolverket och Verket för högskoleservice.
- Svensson, A. (2001): Består den sociala snedrekryteringen? Elevernas val av gymnasieprogram hösten 1998. *Pedagogisk Forskning i Sverige* 6(3), s. 161–172.
- Sørensen, H. (1991): Ligeværdighetspædagogik i teknisk-naturvidenskabelige fag. I G. Pedersen & K. Reisby, red.: *Ligeværd – Mangfoldighed. Om ligestilling i skolen*. Köpenhamn, Danmarks Lærerhøjskole.
- Sørensen, H. (1992): Medbestemmelse i fysik/kemi – særligt vigtigt for piger? I H. Nielsen & A. C. Paulsen, red.: *Undervisning i fysik – den konstruktivistiske idé* (141–158). Köpenhamn, Gyldendal.
- Taber, K. S. (2000): Multiple frameworks? Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. *International Journal of Science Education* 22, s. 399–417.
- Tamir, P. (1998): Assessment and Evaluation in Science Education: Opportunities to Learn and Outcomes. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education II* (s. 761–789). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Taylor, I. Barker, M. & Jones, A. (2003): Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal of Science Education* 25(10), s. 1205–1225.
- Tiberghien, A. & Megalakaki, O. (1995): Characterization of a modelling activity for a first qualitative approach to the concept of energy. *European Journal of Psychology of Education* 10, s. 369–383.
- TIMSS (2004): *Trends in Mathematics and Science Study*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://www.iea.nl>> och <<http://timss.bc.edu/>>.
- Tobin, K. (1998): Issues and Trends in the Teaching of Science. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (129–151). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Tobin, K. & Fraser, K.G. (1998): Qualitative and Quantitative Landscapes of Classroom Learning Environments. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 623–640). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

- Tullberg, A. (1998): *Teaching the "mole". A phenomenographic inquiry into the didactics of chemistry.* (Göteborg Studies in Educational Sciences 118) Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Tullberg A., Strömdahl, H. & Lybeck, L. (1994): Students' conceptions of 1 mole and educators' conceptions of how they teach "the mole". *International Journal of Science Education* 16, s. 145–156.
- Wahlberg, H. J. (1991): Improving School Science in Advanced and Developing Countries. *Review of Educational Research* 61, s. 25–69.
- 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.
- van den Akker, J. (1988): The Teacher as Learner in Curriculum Implementation. *Journal of Curriculum Studies* 20, s. 47–55.
- van den Akker, J. (1998): The Science Curriculum: Between Ideals and Outcomes. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 421–447). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Wandersee, J., Mintzes, J. & Novak, J. (1994): Research on alternative conceptions in science. I D.L. Gabel, red.: *Handbook of Research in Science Teaching and Learning* (s. 177–210). New York, Macmillan.
- Watson, R.J., Swain, J.R. & McRobbie, C. (2004): Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education* 26(1), s. 25–45.
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001): *Language and literacy in science education.* Philadelphia, Open University Press.
- Wenger, E. (1998): *Communities of practice.* New York, Cambridge University Press.
- Wernersson, I. (1988): *Olika kön samma skola? En kunskapsöversikt om hur elevernas könstillhörighet påverkar deras skolsituation.* Stockholm, Skolöverstyrelsen.
- Wernersson, I. (1995): *Undervisning för flickor – undervisning för pojkar ... eller ... undervisning för flickor och pojkar?* Stockholm, Liber.
- Wertsch, J. (1998): *Mind and society.* New York: Oxford University Press.
- White, B.Y. (1998): Computer microworlds and Scientific Inquiry: An Alternative Approach to Science Education. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 295–316). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- White, R.T. (1996): The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education* 18(7), s. 761–774.

- White, R.T. (1998): Research, theories of learning, principles of teaching and classroom practice. Examples and issues. *Studies in Science Education* 31, s. 55–70.
- Wickman, P.O. (2002): Vad kan man lära sig av laborationer? I H. Strömdahl, red.: *Kommunicera naturvetenskap i skolan*. Lund: Studentlitteratur.
- Wickman, P.O. (2004): The practical epistemologies of the classroom: A study of laboratory work. *Science Education* 88(3), s. 324–344.
- Wickman, P.O. & Östman, L. (2001): University students during practical work: can we make the learning process intelligible? I H. Behrends, H. Dancke, R. Duit, W. Gräber, M. Komarek & A. Kross red.: *Research in Science Education – past, present and future* (49–60). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Wickman, P.O. & Östman, L. (2002a): Induction as an empirical problem: how students generalize during practical work. *International Journal of Science Education* 24(5), s. 465–486.
- Wickman, P.O. & Östman, L. (2002b): Learning as discourse change: a socio-cultural mechanism. *Science Education* 86(5), s. 603–623.
- Widido, A. & Duit, R., (2002): *Concept change views and reality of classroom practice*. Presenterat vid Third European Symposium on Conceptual Change, Turku, Finland.
- Viennot, L. & Ranson, S. (1999): Design and evaluation of a research-based teaching sequence: the superposition of electric field. *International Journal of Science Education* 21, s. 1–16.
- Wiliam, D., Lee, C., Harrison, C. & Black, P. (2004): Teachers developing assessment for learning: impact on student achievement. *Assessment in Education* 11(1), s. 49–65.
- WISE (2004): *The Web-based Inquiry Science Environment*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://wise.berkeley.edu>>.
- Viten (2004): *Virtual Environments in Science*. Hämtat 2004-08-31 från <<http://viten.no>>
- von Aufschnaiter, C. & von Aufschnaiter, S. (2003): Theoretical framework and empirical evidence of students' cognitive processes in three dimensions of content, complexity, and time. *Journal of research in science teaching* 40(7), s. 616–648.
- von Wright, M. (1999): *Genus och text. När kan man tala om jämställdhet i fysikläromedel?* Stockholm, Skolverket.
- Woolnough, B. E. (1994): *Effective science teaching*. Buckingham, Open University Press.

- Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998): From conceptual change to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education* 20, s. 1213–1230.
- Wubbles, T. & Brekelmans, M. (1998): The Teacher Factor in the Social Climate of the Classroom. I K. G. Tobin & B. J. Fraser, red.: *International Handbook of Science Education I* (s. 565–580). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Vygotskij, L.S. (1962): *Thought and language*. Cambridge, MIT Press.
- Vygotskij, L.S. (1978): *Mind and Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, Harvard University Press.
- Yore, L., Bisanz, G. & Hand, B. (2003): Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education* 25(6), s. 689–725.
- Zacharia, Z. (2003): Beliefs, Attitudes, and Intentions of Science Teachers Regarding the Educational Use of Computer Simulations and Inquiry-Based Experiments in Physics. *Journal of Research in Science Teaching* 40(8), s. 792–823.
- Zemal-Saul, C., Starr, M.L. & Krajcik, J.S. (1999): Constructing a framework for elementary science teaching using pedagogical content knowledge. I N. Lederman & J. Gess-Newsome, red.: *Examining pedagogical content knowledge* (s. 237–256). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Zetterqvist, A. (2003): *Ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi. En intervjuundersökning med 26 no/biologilärare*. (Göteborg Studies in Educational Sciences 197.) Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Ødegaard, M. (2003): Dramatic Science. A Critical Review of Drama in Science Education. *Studies in Science Education* 39, s. 75–101.
- Öhrn, E. (1990): *Könsmönster i klassrumsinteraktion. En observations- och intervjustudie av högstadieelevers lärarkontakter*. Göteborg studies in educational sciences 77. Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Öhrn, E. (2002): *Könsmönster i förändring? – en kunskapsöversikt om unga i skolan*. Stockholm, Skolverket.
- Östman, Leif. (1995): *Socialisation och mening. No-utbildning som politiskt och miljömoraliskt problem*. (Uppsala Studies in Education 61.) Acta Universitatis Upsaliensis. Stockholm, Almqvist & Wiksell International.
- Östman, L. (1998): How companion meanings are expressed by science education discourse. I D. A. Roberts & L. Östman, red.: *Problems of Meaning in Science Curriculum*. New York, Teachers College Press.

