

ÄMNESDIDAKTISK FORSKNING OM LÄRANDE OCH UNDERVISNING I NATURVETENSKAP

Gustav Helldén, professor i de naturvetenskapliga ämnernas didaktik vid Högskolan i Kristianstad.

Ämnesdidaktikens uppgift och kontaktytor

I en beskrivning av ämnesdidaktikens natur, kultur och värdegrund argumenterar Björn Andersson för ståndpunkten att ämnesdidaktiken har till uppgift att skapa, utveckla och vårda kunnandet om undervisning angående olika innehåll och under olika betingelser. Betingelser kan gälla undervisningsmetoder, elevers och lärares kunskapsmässiga förutsättningar, styrdokument av olika slag, en skolas sociala miljö, politiska beslut på olika nivåer och tillståndet i samhällsekonomin. Innehållet kan vara ett skolämne eller 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 och den tredje är mot olika ämnen. Ämnesdidaktiken kräver alltså förtrogenhet med alla dessa tre kunskapsområden (Andersson, 2000).

Na-didaktiken som ett tvärvetenskapligt forskningsfält

Na-didaktik är ett tvärvetenskapligt forskningsfält nära relaterat till flera andra discipliner såsom olika naturvetenskapliga discipliner, filosofi, psykologi, pedagogik, sociologi, vetenskapsfilosofi, vetenskapshistoria, antropologi och etik utan att vara en underavdelning av någondera. Na-didaktik kräver en kompetens inom det naturvetenskapliga området men också kompetens inom andra stödämnena. Det viktiga är att i vid mening få en balans mellan de naturvetenskapliga och utbildningsvetenskapliga frågorna (Dahncke, Duit, Gilbert, Östman, Psillos & Pushkin, 2001).

Na-didaktiken som ett eget forskningsfält

Na-didaktisk forskning som internationellt benämnes Science Education Research är ett relativt nytt forskningsfält även om forskning har pågått länge inom angränsande discipliner (Jenkins, 2001). En av de mest framträdande personligheterna in forskningsfältet, Peter Fensham har på ett intressant sätt tagit sig an uppgiften att beskriva forskningsfältets framväxt i boken *Defining an Identity, The Evolution of Science Education as a Field of Research* (Fensham, 2003). Han konstaterar att det inte fanns någon samordnad Na-didaktisk forskning före 1960. Fletcher Watson skrev 1963 ett kapitel om denna forskning i AERA:s första *Handbook of Research on Teaching*. Han refererade endast till amerikanska studier och påpekade bristen på studier inom forskningsfältet. Sedan 1960-talet har den Na-didaktiska forskningen utvecklats över hela världen. Fensham menar denna forskning i dag kan betraktas som ett eget forskningsfält. I sin argumentation gör han en jämförelse med de naturvetenskapliga disciplinernas forskningsfält och sätter upp ett antal kriterier för att visa detta. De kriterier som han menar ska vara 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. För att leda utvecklingen av den nya disciplinen utsågs under 1960-talet professorer i Storbritannien, Tyskland, Canada och Australien.. Som Sveriges förste professor i ämnesdidaktik utnämndes 1997 Björn Andersson vid Göteborgs universitet. Det andra strukturella kriteriet är förekomsten av framgångsrika forskningstidskrifter

som möjliggör publikation forskning av kvalitet inom forskningsfältet världen över, I vår kommer en nordisk tidskrift i Na-didaktik, Nordina ut med sitt första nummer i vår. 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 speciellt i science education. Därefter har det tillkommit flera nationella och internationella organisationer som anordnar regelbundna konferenser för forskare inom fältet. 1995 grundades *European Science Education Research Association* (ESERA). I Sverige bildades 2001 *Svensk Förening för Forskning i Naturvetenskapernas didaktik* (FND). Parallellt har organisationer som fokuserar speciella frågor inom Na-didaktik eller undervisning i något av de naturvetenskapliga ämnena vuxit fram. 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 idag 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. 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* etablerades 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. Utvecklingen av forskningsmiljöer i Sverige har varit framgångsrik under de senaste fem vilket framgår av en jämförelse med Strömdahls kartläggning (Strömdahl, 2000). När det gäller de **inomvetenskapliga kriterierna** lyfter Fensham (2003) först fram den naturvetenskapliga kompetensen. Han menar att det är svårt att ställa bra forskningsfrågor, utforma lämpliga mätinstrument, analysera insamlad data och diskutera resultaten utan att ha naturvetenskapliga kunskaper. Ett andra inomvetenskapligt kriterium gäller frågeställningarnas karaktär. 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. Fensham menar att en sådan begreppslig och teoretisk utveckling utgör ett tredje inomvetenskapligt kriterium. Andra inomvetenskapliga kriterier handlar om utveckling av forskningsmetodologier, progression inom forskningen, utvecklingen modellpublikationer liksom idégivande publikationer. Den tredje typen av kriterium handlar om **forskningsresultatens användbarhet**, dvs. de ska vara möjliga att omsätta i praktiken. Fensham argumenterar samtidigt för en vidgning av praktiken till att gälla den politiska arenan och menar att forskningsresultaten borde påverka de politiska besluten som rör skola och undervisning i mycket större omfattning än de gör idag.

Forskningsfältets framväxt

Sovjet överraskade västvärlden 1957 med att ha utvecklat avancerad teknologi som gjorde det möjligt att sända upp rymdfarkosten Sputnik. Man letade efter orsaker till att detta kunde ske i Sovjet och inte västvärlden. Var det så att skolans och universitetens undervisning inte var tillräckligt framgångsrik? Det organiserades en konferens i Woods Hole 1959 med forskare med intresse för naturvetenskap och undervisning och med Jerome Bruner som huvudsekreterare. Detta resulterade i ett förnyat intresse också för Na-didaktisk forskning. 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).

Piagetinspirerad konstruktivism

Den Piagetinspirerade 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 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, SCIS-projektet (Science Curriculum Improvement Study). SCIS fick stort inflytande på forsknings- och undervisningsprojekt världen över (Fensham, 2003). 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 universiteten Liverpool och Oxford där Wynne Harlen och Terry Russell respektive Joan Solomon var verksamma. I Australien skedde en liknande utveckling med bl a Peter Fensham och Richard White som förgrundsfigurer. I anslutning till forskningen vid Monash i Melbourne utvecklades ett undervisningsprojekt, PEEL-projektet (Project to Enhance Effective Learning) från 1987 och framåt. Man fann att metakognitionen var en kraftfull resurs i utvecklingen i undervisningen och att lärare behöver få möjlighet att reflektera och samtala med kolleger om sin professionella utveckling (Baird, 1998). I Sverige har utvecklats en motsvarighet till detta projekt kallat PLAN-projektet (Hägglund & Madsén, 1999). SCIS-projektet fick en efterföljare vid Göteborgs universitet där en forskningsmiljö i Na-didaktik etablerades under Nils Svantessons och senare under Björn Anderssons ledning. SCIS-programmet utvecklades till en svensk version med beteckningen LMN-projektet (Låg- och Mellanstadiets Naturvetenskap) (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. Utvecklingen har

fortsatt bland annat via ett nordiskt samarbetsprojekt, Nordlab mot vad man idag kallar Ämnesdidaktik i praktiken. Sedan Rosalind Driver och Jack Easley 1978 publicerat *'Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students'*, skedde en stor 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, misconceptions*. I svensk forskning används beteckningen *vardagsföreställningar* som är en översättning från danskans *hverdagsforestillinger* 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 (Duit, 2004).

Ett alternativ till ett piagetanskt perspektiv

Joseph Novak och hans forskargrupp vid Cornell University i USA utvecklade också en forskning med utgångspunkt från ett konstruktivistiskt 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 istället från Ausubels teorier om lärande och hävdade att det inte utvecklades några generella kognitiva strukturer (Novak, 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. I Sverige har det framför allt varit forskargruppen LISMA vid Högskolan Kristianstad som utgått från Ausubels teorier vid studier av lärande (Helldén, 2004)

Förändring av begreppsförståelse

Det mest framträdande forskningsområdet inom de naturvetenskapliga ämnenas didaktik under de senaste tre årtiondena har handlat om elevers och studenters 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). Forskning utgick från ett strikt konstruktivistiskt perspektiv. 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-talet. Emellertid har begreppsförändringsmodellen ifrågasatts (Helldén & Solomon, 2004). Det konstruktivistiska perspektivet är otillräckligt för att beskriva lärande och undervisning. Detta har enligt Duit och Treagust lett till att socialkonstruktivistiska och sociokulturella perspektiv fått ett stort inflytande. Undervisnings- och lärandeprocesser är så komplexa att man behöver utgå från olika forskningsperspektiv för att förstå lärande i olika sammanhang (Duit & Treagust, 2003).

Inflytande från Vygotskijs forskning

Den förnyade presentationen av Vygotskijs forskning under 1980-talet främjade utvecklingen av forskning om det sociala samspelet och språkets betydelse. I denna förnyade lanseringen 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 individens förståelse till forskning om hur förståelse utvecklas i ett socialt sammanhang (Duit & Treagust, 2003). 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 framskjuten 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). 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 förvärvmetaforen (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 vygotiskanskt 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. Ett sådant perspektiv ligger nära, alternativt är identiskt med, vad man skulle kunna kalla ett socialkonstruktivistiskt perspektiv på lärande. Ett annat exempel på hur konstruktivistiska perspektiv också utnyttjar vygotiskanskt teori vid beskrivning av elevers lärande kommer till uttryck i Björn Anderssons beskrivning av ett socialkonstruktivistiskt perspektiv. Han menar att kunskapsobjekt 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. Social och individuell konstruktion är komplementära processer som båda är nödvändiga för det naturvetenskapliga lärandet (Andersson, 2001; 2002).

Ett sociokulturellt perspektiv på lärande

Ett sociokulturellt perspektiv på lärande tar sin utgångspunkt från 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). Schoultz (2002) grundar sin forskning på ett sociokulturellt perspektiv på lärande som i stor utsträckning utgår från Vygotskijs teorier om lärande. 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, 2002). Östman och Wickman genomför också forskning med utgångspunkt från ett 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. 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.

En fenomenografisk ansats

Ett flertal forskningsprojekt i Na-didaktik med en fenomenografisk ansats har genomförts under de senaste årtiondena till exempel om elevernas uppfattningar om materiens byggnad samt om lärares och elevers uppfattningar om molbegreppet. I Uppsala bedrivs forskning i fysikdidaktik med fenomenografisk forskningsansats. Ur fenomenografin har utvecklats en teori för lärande, variationsteorin. Urskiljning, samtidighet och variation är centrala begrepp inom denna teori. Detta innebär också samtidig närvaro av olika dimensioner av fenomenet i vårt medvetande. Denna teori användes bl a av Britta Carlsson vid hennes studier av ekologisk förståelse. Samma teori ligger till grund för forskning där lärandets objekt står i fokus (Marton, Runesson & Tsui, 2004).

Naturvetenskapens karaktär

Didaktisk forskning har visat att en lärande människas förståelse av naturvetenskapens karaktär och särart underlättar ett framgångsrikt lärande om naturvetenskapliga fenomen. Under 1990-talet genomfördes ett forskningsprojekt i England om hur elever i skolan utvecklar förståelse av naturvetenskapens karaktär (Driver, Leach, Millar & Scott, 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. Leach, Hand & Ryder (2003) konstaterar att det är viktigt att synliggöra elevers epistemologiska ståndpunkter i naturvetenskaplig undervisning. Många elever förstod inte riktigt syftet med undervisningen. Driver m fl (1996) menar att kunskap om naturvetenskapens karaktär 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 ställningstagande 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. Här kan man också ta utgångspunkt i exempel från naturvetenskapens historia, filosofi och sociologi (Mattews, 2000).

Samhällskritisk forskning

Påståendet att vetenskaplig kunskap karakteriseras av objektivitet och opartiskhet bortser från det faktum att naturvetenskaplig kunskap och praktik gynnar samhällets maktstrukturer. Det finns en växande grupp samhällskritiska forskare inom Na-didaktiken som försöker förstå hur maktstrukturer påverkar samhällsmedborgarna (Barton, 1998). 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 (*bordercrossing*) som eleven kan vara med om (Aikenhead, 1996). Också Joan Solomon har i ett intressant forskningsprojekt studerat en sådan förflyttning (*bordercrossing*) 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). Sambandet mellan ovanstående maktstrukturer och hur dessa påverkar samhällsmedborgarna. 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 sid 293)

Språket och undervisning i naturvetenskap

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. Språket som används i naturvetenskap har sitt ursprung i människors personliga sätt att uttrycka sig. Det har sedan utvecklats mot ett objektivt uttryckssätt 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, Bisanz & Hand (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 kom mer att handla om. 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 m.fl., 2003). Skrivandet i naturvetenskaplig undervisning har ofta dominerats av kunskapsredovisning i olika former. Ett mera processororienterat 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*). Yore m.fl. (2003) anser att forskning har visat att också ett mera processororienterat skrivande utvecklar

elevers ordförråd och kunnande 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). Yore m.fl. (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. Istället gäller forskningen läsning av rapporter om naturvetenskaplig och medicinsk forskning i media. 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 naturvetenskaplig 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. 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. 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. De kan göras synliga och därmed lättare att förstå i form av konkreta föremål, bilder eller andra visualiseringar (Gilbert & Boulter, 1998).

Forskning om ungdomars attityder till naturvetenskap

Under en lång följd av år har ungdomars inställning till naturvetenskap varit ett viktigt forskningsfält inom Na-didaktiken. Det finns idag en benägenhet bland ungdomar att inte välja en karriärväg inom naturvetenskap. Samtidigt visar forskning att det finns en stor okunnighet bland allmänheten vad gäller naturvetenskapliga frågor (Lindahl, 2003). Detta har tillika med ungdomars kritik av den ekonomiska nyttan av naturvetenskaplig kompetens bidragit till att föra upp ungdomars attityder till naturvetenskap på den vetenskapliga arenan (Osborne, Simon & Collins, 2003). Denna utveckling är särskilt problematisk för Sverige eftersom vi har låg andel utexaminerade från tekniska och naturvetenskapliga utbildningar i jämförelse med andra industriländer (Finansdepartementet, 2000). 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). 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, kritisk 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.

Internationella och nationella studier

Av TIMSS-studien (*Third International Mathematics and Science Study*) framgår det att bland elever i åk 7 och 8 samt i gymnasiets sista årskurs (Skolverket, 1996, 1998) framgår det att över hälften av eleverna tycker att naturvetenskap och teknik är intressant och viktigt. 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. Jämför man detta resultat med hur många elever som tycker om att lära sig naturvetenskap, är 92 % av eleverna i Singapore positiva, 60 % i Sverige och 52 % i Danmark. Det tycks finnas ett samband mellan kunskaper och intresse. Bl.a. Japan är ett undantag. Japan kom trea i kunskapsdelen men 56 % ansåg det var ointressant att lära naturvetenskap. I SAS- studien (*Science and Scientists*) fick 13-åringar markera vad de ville läsa mer om. Variationen var stor världen över (Sjöberg, 2002). 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. I den efterföljande ROSE- studien (*The relevance of Science Education*) besvarar 15-åringar i 40 länder ett frågeformulär. Målet är belysa kulturella skillnader samt relevansen av naturvetenskaplig och teknisk utbildning (ROSE, 2004). Inom ramen för NOT-projektet har man i Sverige undersökt attityder till naturvetenskap i grundskolans årskurs 9 och gymnasiets årskurs 3. Den samlade bilden är att ungdomar har en positiv syn på naturvetenskap och teknik som sådana medan synen på skolans undervisning i dessa ämnen inte är alls lika positiv (NOT, 1994). Elever är intresserade av naturvetenskap och teknik men inte lika intresserade som av andra ämnen. De förstår sällan meningen med att lära ett visst innehåll eller genomföra en laboration samt vilken betydelse detta har i andra sammanhang och i deras egna liv. Det är därför viktigt 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 (Lindahl, 2003).

Attityder och kön

Redan i genomgången 1975 säger Gardner att "*Sex is probably the single most important variable related to pupils' attitudes to science*". Detta är något som konstateras i alla forskningsöversikter. Man redovisar sedan funna könsskillnader utifrån ett stort antal variabler och dessa förklaras i psykologiska och sociologiska termer (Lindahl, 2005). Örn (2002) menar att det finns två mönster som träder fram i forskningen. Den ena handlar om en akademiskt välintegrerad mellanskikt flicka och den andra om företrädesvis arbetarflickor som protesterar mot skolauktoriteten. Könnsfrågornas fokus har förändrats under åren (Barton, 1998). 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. Det handlar om naturvetenskapen i våra liv och den politiska dimensionen ska tydliggöras.

Attityder 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. Schiefele, Krapp och Wintele (1992) fann att det fanns en signifikant skillnad mellan könen vad gäller sambandet mellan intresse och prestation. Det 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. Osborne, Driver och Simon (1998) använder benägenheten att välja som ett mått på attityden och säger att trots att flickorna numera presterar bättre i naturvetenskap än pojkarna är andelen flickor som väljer att fortsätta med fysik och teknik ganska låg, dvs. samma mönster som i Sverige (Skolverket, 1996, 1998a). 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. 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 (Lindahl, 2003).

Attityder och faktorer i skolan

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. Om man däremot låter pojkar vara den dominerande gruppen styr de diskussionerna mot sina intressen i klassrummen samtidigt som de andra flickorna tystnar. Eftersom det oftare är pojkarna som dominerar tillfredsställer undervisningen mest deras behov (Staberg, 1992). Lärarens personlighet har en stor betydelse. Flickor nämner oftare än pojkar att lärarens person som ett skäl till att de gillar ämnet (Örn, 1990). Lärare i naturvetenskapliga ämnen beskrivs ofta av eleverna i mindre positiva termer. Vad gäller åldern minskar både pojkars och flickors intresse för fysik och kemi i grundskolans senare del (Lindahl, 2003). Arbetssättet har visat sig spela stor roll för intresset för naturvetenskap. Här spelar språket en viktig roll. Undervisningen måste hjälpa eleverna att använda språket för att tala om naturvetenskap och argumentera beträffande deras egna värderingar (Lemke, 1990). Kolstö (2001) menar att detta också är en viktig demokratispekt. Genom att lyfta in kontroversiella frågor av naturvetenskaplig karaktär kan skolan lära eleverna att argumentera och värdera information från olika källor. Olika former av skrivande aktiverar eleverna och stimulerar dem att använda språket i undervisningen. Fördelen med att låta elever skriva är att de gör sina tankar synliga, både för sig själva och för läraren säger Sandstöm-Madsén (1996). Men när man lyfter fram skrivandet får man inte glömma samtalen eftersom det är samspelet mellan samtal och skrivande som har störst effekt på lärandet enligt Dysthe (1996). Både Staberg (1992) och Sørensen (1991) säger t.ex. att pojkarna uppfattar Na-ämnena i sig intressanta, att de fascineras av att 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. Den naturvetenskapliga undervisningen kan förmedla ett dolt budskap om ämnens karaktär genom det sätt som det tar sig i form av möblering, utställning av elevarbeten och böcker. Det budskapet kan också komma till uttryck i hur läraren bemöter eleverna (Lindahl, 2003). Östman (1998) menar också att undervisningen i sig förmedlar ett budskap om naturen och om andra människor. Sutton (1998) hävdar att vi måste ge naturvetenskapen en mänsklig röst genom att betona hur kunskapen vuxit fram. Detta kontrasterar många läroböckers framställning av naturvetenskap som en samling fakta. I många länder betonas den koppling mellan naturvetenskap, teknik och samhälle som skett inom STS-rörelsen (Solomon & Aikenhead, 1994).

Attityder och faktorer utanför skolan

Solomon (2003) har studerat förhållandet mellan skolans naturvetenskap och den naturvetenskap som barn möter i hemmet. Hennes slutsats är att vi i högre grad måste ta hänsyn till den kultur som råder i hemmen. Intresset för naturvetenskap kan 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 förtjänstfullt sätt kan förklara hur saker och ting fungerar (Gardner, 1975). SAS-studien (Sjöberg, 2002) visar att det finns könsskillnader vad gäller erfarenheter av naturvetenskap och teknik. Pojkarnas erfarenheter inom områden som kan ha betydelse för undervisning i naturvetenskap och teknik är mycket större än flickornas. Allmänhetens förtroende för naturvetenskap har förändrats under de senaste årtiondena. Eleverna påverkas lätt av den negativa bild av naturvetenskap som media ibland förmedlar som kan ge elever en känsla av att vi behöver oss mot naturvetenskapens landvinningar istället för att glädjas åt dem (Driver & Osborne, 1997).

Lärandemiljöer

Tobin och Fraser(1998) som båda har stor erfarenhet av klassrumsforskning, menar att detta är ett forskningsfält som är i behov av en kraftfull utveckling. Han menar att detta kan ske genom att man kombinerar kvantitativ och kvalitativt inriktad forskning och genom att man studerar hur elever passerar genom olika miljöer. Det finns också ett behov av jämförande studier i olika länder. Laborativt arbete av olika slag är en viktig del av naturvetenskaplig undervisning. 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 naturfenomen och hjälpa eleverna att utveckla sin förståelse. 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 och att detta innefattar fantasi, kreativitet, teknik, samarbete som kan resultera i framgång eller misslyckande. White (1996) anser att problemet är att det kan 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. 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. Användande av datorer i undervisningen är ett viktigt inslag i utvecklingen av lärandemiljön i olika undervisningssammanhang. Linn (1998) menar att man är överens om att det måste till en minskning av stoffet i undervisningen för att nå en högre kvalitet. Samtidigt vet vi att vetenskapen utvecklas snabbt och att hela tiden ny kunskap genereras. Linn anser att naturvetenskaplig undervisning måste hantera den stegrande informationsökningen. En väg framåt är att använda datorer med vilkas hjälp elever och studenter kan arbeta på nya sätt med informationssökning, 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. 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.

Forskning om lärarutbildning

Med tanke på den centrala roll som lärarutbildningen har ansetts spela inom utbildningsväsendet, det finns förhållandevis lite forskning publicerad om utbildning av lärare i naturvetenskapliga ämnen (Anderson & Mitchener, 1994) 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. Det är just en del av lärarutbildningens komplexitet som Lotta Lager-Nyqvist (2003) har studerat i det forskningsprojekt som hon redovisar i sin

doktorsavhandling. Hon finner att lärarutbildningen resulterar i ett att undervisa som de studerande kände igen från sin egen skoltid trots att de inledningsvis haft ambitionen att undervisa på ett annorlunda sätt. 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) har funnit samma förhållanden i sin forskning och anser att detta problem måste tas upp till kritisk granskning. Egna erfarenheter av undervisning i just naturvetenskap kan underminera de positiva erfarenheter som lärarutbildningen skulle kunna ge (Bryan & Abell, 1999). Man menar att det behövs mycket forskning om betydelsen av lärarstudenters tidigare erfarenheter för deras lärarroll. Margareta Ekborg (2002) menar att det är viktigt att man för en dialog med lärarstudenter om deras inlärningsprojekt, för att de ska förstå att de har stor nytta av att tillägna sig förståelse av naturvetenskapliga fenomen. En majoritet av studenterna i Ekborgs studie kunde inte förklara för miljöundervisningen viktiga begrepp och processer. Som blivande lärare i de lägre årskurserna ansåg de att det fanns andra saker som de behövde för sin framtida lärargärning. Under de sista årtionena 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. Man önskar också stärka lärarnas ämneskunnande (De Jong, Korthagen & Wubbels, 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) Kunskaper om metoder för att representera ämnesinnehållet så att det blir begripligt för andra. Kunskaper om vad som gör området lätt eller svårt att lära. 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 & Nederman, 1999). Zetterqvist (2003) menar att det behövs ett PCK-liknande begrepp för att klargöra de kunskaper som behövs för att undervisa och utveckla undervisning inom ett speciellt ämnesområde för en viss grupp elever, vilket hon kallar ämnesdidaktisk kompetens. Ett växande intresset för forskning om lärarutbildning i naturvetenskap stimuleras av nyare perspektiv på lärande och undervisning under de senaste årtionena. Detta gäller särskilt det konstruktivistiska perspektiv som Driver, Asoko, Leach, Mortimer och Scott gav uttryck för i deras artikel i *Educational Researcher* 1994, som beskriver lärande som en dynamisk och social process. 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 elevers lärande i naturvetenskap som kommer i fokus (Northfield, 1998). Det innebär också att man i högre utsträckning måste ägna tid och resurser att studera den praxisnära forskningen. Det behövs också utveckling av en mera enhetlig samordning mellan den akademiska och verksamhetsförlagda delen av lärarutbildningen. Cochran och Jones (1998) efterfrågar mer forskning om den kunskap i naturvetenskap som lärarstuderande bör

tillägna sig. I den engelskspråkiga världen kallar man det *subject matter knowledge* som omfattar både det som vi brukar kalla ämneskunskap och *learners' and teachers' feelings about various aspects of the subject matter*. Man menar att det behövs många studier om relationen mellan lärarstudentens kunnande och möjliga undervisningsstrategier på olika stadier i skolsystemet.

Om synen på skolans naturvetenskap

Som ett resultat av 'Sputnikchocken' 1957 satsade man i framför allt i USA och England på att utveckla naturvetenskaplig undervisning. Exempel på sådana utvecklingsprojekt 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. Det rörde sig ofta om en översättning och utveckling av de amerikanska och engelska projekten (van den Akker, 1998). I Sverige utvecklades materialet Låg- och Mellanstadiets Naturvetenskap (LMN) från det amerikanska SCIS-projektet (Andersson, 1989). De stora projekten fick dock inte den påverkan som man väntat sig. Kraven på lärare och elever var för högt ställda i de stora projekten. Det betydde dock en modernisering av naturvetenskaplig undervisning (Wahlberg, 1991). Samhälleligt engagemang och miljöfrågor blev en drivande kraft för att öka förståelsen för hur naturvetenskap, teknik och samhälle påverka 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, bland annat *Science and Technology and Society* (STS), *Scientific Literacy* (SL), *Public Understanding of Science and Technology* (PUST) (Sjöberg & Kallerud, 1997; Solomon & Aikenhead, 1994). I slutet av 1980 talet startade American Association for the Advancement of Science (AAAS) Project 2061. 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. Det har ändå varit svårt att förändra

kursplaner utifrån dessa riktlinjer, eftersom forskarsamhället agerar som disciplinernas väktare. De ser till att ämnena hålls fria från vardagskunskap och tvärvetenskap. Deras argument för naturvetenskap 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). Nu gällande läroplan och kursplaner för grundskolan bygger på Läroplanskommitténs betänkande "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. 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 Sverige pågår ett antal forsknings- och utvecklingsprojekt som har som målsättning att verka för en naturvetenskaplig undervisning för alla elever. 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 (LÄRNOT, 2004). *Kungliga Vetenskapsakademien* (KVA), *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*. Målet är att hjälpa och stimulera grundskolans elever och lärare att uppnå läroplanens och kursplanernas mål (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 skall framstå som intressanta och användbara för den arbetande läraren i skolan (Göteborgsgruppen för forskning om naturvetenskaplig undervisning, 2004).

Argument för naturvetenskap i skolan

Med utgångspunkt från analys av nordamerikanska 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 beskrev sju skäl eller kunskaps emfaser för att eleverna ska lära sig naturvetenskap i skolan. Olika kunskapsemfaser har varit mer aktuella vid olika tidpunkter än andra 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. Roberts kunskapsemfaser användes med framgång av Leif Östman då han analyserade NO-undervisning. Svend Pedersen (1995) utgår från Roberts analysinstrument i en granskning av svenska kursplaner och menar att det är vardagskunnandet, medborgarkunskapen och att eleven ska förstå sig själv som är viktigt skäl för skolans undervisning i naturvetenskap. Andra, till exempel Sjöberg (2000), diskuterar argumenten med utgångspunkt från olika bildnings- och nyttoperspektiv och anser sig kunna identifiera ekonomiargument, nyttoargument, demokratiargument och kulturargument. Millar (1996) lyfter fram ytterligare ett, *det sociala argumentet*, som handlar om att överbygga allmänhetens främlingskap och få dem mer positivt inställda och därmed bättre stödja vetenskapen. De två första argumenten har hittills varit de dominerande men Sjöberg (2000) 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. Millar (1996) och Sjöberg (2000) såväl som Fensham (2002) menar att skolans undervisning i naturvetenskap ska gälla alla elever. Alla elever måste få en chans att få en positiv upplevelse av naturvetenskap. Om detta ska kunna ske

måste det humanistiska perspektivet i kursplaner och undervisning stärkas menar Aikenhead (2003). Detta perspektiv belyser naturvetenskapens värderingar, karaktär, social påverkan, dess mänskliga sidor samt kopplingen till teknik. Den naturvetenskapliga allmänbildningen som skolan ska ge benämnes internationellt *scientific literacy*. Hodson (2003) har i sin forskning funnit att innebörden av detta begrepp varierar stort. 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. Hodson menar vidare att undervisningen ska behandla samhällspolitiska frågor som rör hälsa, mat, naturtillgångar, energi, miljö, industri, information och kommunikation.

Bedömning och utvärdering

Forskning om utvärdering och bedömning har visat att en diagnostiserande utvärdering (formative assessment) är ett viktigt dagligt inslag i undervisningen. En förbättrad fortlöpande utvärdering ger ett bättre resultat. Detta gäller speciellt lågpresterande elever (Black & Harrison, 2000). En typ av utvärdering gäller en bedömning av elevers prestationer (summative assessment) som de nationella proven i Sverige. 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 istället ska vara en akronym för *Trends in Mathematics and Science Study* och upprepas vart fjärde år. Inom OECD (*Organisation for Economic Cooperation and Development*) genomförs ett stort samarbetsprojekt kallat PISA (*Programme for International Student Assessment*) (PISA, 2004). Detta ska utvärdera om elever som lämnar det obligatoriska skolväsendet har fått kunskaper som är väsentliga för att kunna delta i samhället. Dessutom får eleverna svara på frågor om sitt sätt att lära, tilltron till sin egen förmåga samt frågor om attityder, motivation och engagemang. I Sverige genomförs sedan 1989 med vissa års mellanrum nationella utvärderingar i naturvetenskap. 1998 genomfördes en tematisk utvärdering med namnet Tillståndet i världen. De senaste utvärderingarna finns att tillgå i rapportserien NA-spektrum (Göteborgsgruppen för forskning om naturvetenskaplig undervisning). Resultaten från de internationella och nationella utvärderingar har i många fall utnyttjats som utgångspunkt i många forskningsprojekt i Na-didaktik. Utvärderingarna har också varit ett bra sätt att bygga upp kunskap som kan utveckla undervisningen. En utvärdering kan därför sägas ha hög utvecklingsvaliditet om den stimulerar lärares och andra aktörers tänkande och handlande som medför en förbättrad undervisning (Helldén, Lindahl & Redfors, 2005). En mer omfattande forskningsöversikt i Na-didaktik har sammanställts av Gustav Helldén, Britt Lindahl och Andreas Redfors på uppdrag av Vetenskapsrådet. Den utkommer under mars månad 2005.

Referenser

- AAAS (1990) *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press.
- AAAS (1993) *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
- Aikenhead, G. S. (1996) *Science Education: Border Crossing into the Subculture of Science*. *Studies in Science Education*, 27, 1-52.
- Aikenhead, G. S. (2003) Review of research on humanistic perspectives in science curricula. Paper presenterat på ESERA 2003. Hämtat 2004-08-31 http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf
- 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. (2001) *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap. Forskningsresultat som ger nya idéer*. Stockholm: Liber.
- Andersson, B. (2002) Utveckling av naturvetenskaplig undervisning – två exempel. I Strömdahl, H. (red) *Kommunicera naturvetenskap i skolan*. Lund: Studentlitteratur.
- Andersson, B. & Wallin, A. (2000) Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO₂ emissions and the problem of ozon layer depletion. *Journal of research in science teaching*, 37(10), 1096-1111.
- Anderson, R.D. & Mitchener C.P. (1994) Research on science teacher education. In D. Gabel (Ed.) *Handbook of research on science teaching and learning*. (1-44) New York: Macmillan Publishing Company.
- Baird, J.R. (1998) A View of Quality in Teaching. In Tobin, K. G. & Fraser, B. J. (Eds) *International Handbook of Science Education I*. (153-167) Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Barton, A. C. (1998) *Feminist science education*. New York: Teachers College Press.
- 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.
- Brickhouse, N.W. (2001) Embodying science: A feminist perspective on learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 282-295.
- Bruner, J. (1985) Vygotsky. A historical and conceptual perspective. In J. Wersch (Ed.) *Culture, communication and cognition: Vygotskian perspectives*. (pp. 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) 121-140.
- Cochran, K.F. & Jones, L.L. (1998) The subject matter knowledge of preservice science teachers. In Tobin, K. G. & Fraser, B. J. *International Handbook of Science Education I*. 707-718. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Dahncke, H., Duit, R., Gilbert, J., Östman, L., Psillos, D. & Pushkin, D.B. (2001) Science education versus science in the academy: Questions – Discussion – Perspectives. In H. Behrendt, H. Dancke, R. Duit, W. Gräber,

- M. Komorek, A. Kross & P. Reiska (Red) *Research in science education - Past, present and future* (pp. 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*. In Tobin, K. G. & Fraser, B. J. *International Handbook of Science Education I*. 53-66. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- 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, 37-60
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994) *Making sense of secondary science - research into children's ideas*. London: Routledge.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994) 'Constructing scientific knowledge in the classroom', *Educational Researcher* 23(7). 5-12.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996) *Young peoples images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Driver, R., & Osborne, J. (1997) *Beyond 2000 - A Science Curriculum for the 21st Century*. Paper presenterat vid First ESERA Conference in Rome in August 1997.
- Duit, R., (2004) *Students' and Teachers' Conceptions and Science Education (STCSE)*. Kiel: Institut für Didaktik der Naturwissenschaften (IPN).
- Duit, R. & Treagust, D. (2003) *Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning*. *International Journal of Science Education* 25 (6), 671-688.
- Dysthe, O. (1996) *Det flerstämmiga klassrummet*. Lund: Studentlitteratur.
- Edelson, D.C. (1998) *Realising Authentic Science Learning through the Adaptation of Scientific Practice*. In Tobin, K. G. & Fraser, B. J. (Eds) *International Handbook of Science Education I*. (317-332) Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Ekborg, M. (2002) *Naturvetenskaplig utbildning för hållbar utveckling? En longitudinell studie av hur studenter på grundskolläraprogrammet utvecklar för miljöundervisning relevanta kunskaper i naturvetenskap*. (Göteborg Studies in Educational Sciences 188) Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Eskilsson, O. (2001) *En longitudinell studie av 10-12-åringars förståelse av materiens förändringar* (Göteborg Studies in Educational Sciences, 167) Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Fensham, P. (1998) *The Politics of legitimating 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. (2002) *Time to change Drivers for Scientific Literacy*. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education* 2 (1) 9-23.
- Fensham, P. (2003) *Defining an identity - The evolution of science education as a field of research*. Dordrechts, The Netherlands: 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 Naturvetenskapernas och Teknikens Didaktik*. Hämtat 2004-08-31 från www.liu.se/fontd.
- Gardner, P. L. (1975) *Attitudes to Science: A Review*. *Studies in Science Education*, 2, 1-41.

- Gess-Newsome, J. & Lederman, N. (1999) (Eds.) Examining pedagogical content knowledge. Dordrech: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J.K. & Boulter, C.J. (1998) Learning science through models and modelling. In Tobin, K. G. & Fraser, B. J. International Handbook of Science Education I. 53-66. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Göteborgsgruppen för forskning om naturvetenskaplig undervisning. (2004) Hämtat 2004-08-31 från <http://naserv.did.gu.se>.
- Harlen, W. (1999) Effective teaching of science - A review of research. The Scottish Council for Research in Education.
- 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) 59-76.
- Helldén, G. (2004b) Exploring understandings and responses to science: A program of longitudinal studies. Research in Science Education 34 (3).
- 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.
- Hodson, D. (2003) Time for action: science education for an alternative future. International Journal of Science Education, 25 (6), 645-670.
- Holgerson, I. & Löfgren, L. (2004) A long-term study of students' explanations of transformation of matter. 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
- Högskoleverket (2004) Hämtat 2004-08-31 från <www.hsv.se>.
- Jenkins, E.W. (1999) "Practical work in school science.- Some question to be answered", Practical Work in Science Education. - Recent Research Studies, red. J. Leach. & A. Chr. Paulsen (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. Jorde, D. and Bungum, B. (Eds.) Naturfagdidaktikk. Perspektiver, forskning, utvikling. Oslo, Gyldendal Norsk Forlag.
- 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. (Diss.), University of Oslo: Faculty of Mathematics and Natural Science.
- 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.

- Lave, J. & Wener, E. (1988) *Situated learning. Legitimate peripheral participation.* Cambridge, UK: Cambridge University Press
- 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, 831-848.
- Leach, J. and Scott, P. (2003) *Individual and sociocultural views of learning in science education.* *Science and Education*, 12(1), 91-113
- Lemke, J. (1990) *Talking science: language, learning and values.* Norwood, NJ: Ablex
- 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.
- Linn, M.C. (1998) *The Impact of Technology on Science Instruction: Historical Trends and Current Opportunities.* In Tobin, K. G. & Fraser, B. J. (Eds) *International Handbook of Science Education I.* 265-294. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- LISMA (2004) *Learning in Science and Mathematics.* Hämtat 2004-08-31 från www.mna.hkr.se/lisma/.
- LÄRNOT (2004) Hämtat 2004-08-31 från <http://www.ped.uu.se/research/projekt.aspx>.
- Marton, F. & Tsui, A. B. M. (2004) (Eds), *Classroom discourse and space of learning.* Mahwah, NJ: 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, NY: Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Millar, R. (1996). *Towards a science curriculum for public understanding.* *School Science Review*, 77 (280),
- Millar, R., & Osborne, J. (1998) *Beyond 2000: Science education for the future [www].* King's College London, School of Education. Hämtat, 2004-08-31 <http://www.kcl.ac.uk/depsta/education/be2000/be2000.pdf>
- Northfield, J. (1998) *Teacher education and practice of science teacher education.* In Tobin, K. G. & Fraser, B. J. *International Handbook of Science Education I.* 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.
- Novak, J. (1998) *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- NTA (2004) *Naturvetenskap och teknik för alla.* Hämtat 2004-08-31 <http://www.nta.nu/>.
- Orpwood, G. (1998) *The Logic of Advice and Deliberation: Making Sense of Science Curriculum Talk (s. 133- 149).* I D. A. Roberts & L. Östman (red.), *Problems of Meaning in Science Curriculum.* New York: Teachers College Press.
- Osborne, J., Driver, R., & Simon, S. (1998) *Attitudes to science: issues and concerns.* *School Science Review*, 79(288), 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), 1049-1079.
- Pedersen, S. (1995) *Frågorna i centrum, Varför är Himlen blå?: Idéskrift från NOT 2000.*

- PEEL (2004) The Project for Enhancing Effective Learning. <http://www.peelweb.org/>
- Piaget, J (1964) Development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 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), 211-227.
- Ripple & Rockcastle, V. (Eds) (1964) Piaget rediscovered. A report of the Conference on Cognitive Studies and Curriculum Development. Itaca NY: Department of Education, Cornell University.
- 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/>.
- 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 (IPN).
- 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.
- 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, University of Leeds, Leeds, UK.
- Schoultz, J. (2000). Att samtala om/i naturvetenskap. Kommunikation, kontext och artefakt. (Linköping Studies in Education and Psychology No 67), Linköpings universitet: Institutionen för pedagogik och psykologi.
- Schoultz, J., Säljö, R. & Wyndhamn, J. (2001) Heavenly talk. Discourse, artifacts, and children's understanding of elementary astronomy. *Human Development*, 44, 103-118.
- Schoultz, J (2002) Att utvärdera begreppsförståelse. I Strömdahl, H. (red) *Kommunicera naturvetenskap i skolan*. Lund: Studentlitteratur.
- Sfard, A. (1998) On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, Vol. 27 (2) 4-13.
- Shulman, L.S. (1987) Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Sjøberg, S. (2000a) *Naturvetenskap som allmänbildning - en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.
- 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 och 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) 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) 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.
- 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), 219-233.
- Solomon, J., & Aikenhead, G. (red.) (1994). STS Education. International Perspective on Reform. New York: Teachers College Press.
- SOU. (1992:94). Skola för bildning. Betänkande av läroplanskommittén. Stockholm: Allmänna förlaget.
- Staberg, E.-M. (1992) OLIKA världar skilda VÄRDERINGAR. Hur flickor och pojkar möter högstadiets fysik, kemi och teknik. (Diss.), Umeå universitet: Pedagogiska institutionen.
- 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), 17-26.
- Sutton, C. (1998) New Perspectives on Language in Science. I B. J. Fraser & K. G. Tobin (red.), *International Handbook of Science Education* (vol. 1, s. 27-38). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Sørensen, H. (1992) Medbestemmelse i fysik/kemi - særligt vigtigt for piger? I H. Nielsen & A. C. Paulsen (red.), *Undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé* (s. 141-158). Copenhagen: Gyldendal.
- TIMSS (2004) Trends in Mathematics and Science Study. Hämtat 2004-08-31 från <http://www.iea.nl> och <http://timss.bc.edu/>.
- Tobin, K. & Fraser, K.G. (1998) Qualitative and Quantitative Landscapes of Classroom Learning Environments. In Tobin, K. G. & Fraser, B. J. (Eds) *International Handbook of Science Education I*. (623-640) Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Wahlberg, H. J. (1991) Improving School Science in Advanced and Developing Countries. *Review of Educational Research* 61, 25-69.
- van den Akker, J. (1998) The Science Curriculum: Between Ideals and Outcomes. I B. J. Fraser & K. Tobin (red.), *International Handbook of Science Education* (vol. 1, s. 421-447). London: Kluwer Academic Publishers.
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001) Language and literacy in science education. Philadelphia, PA: Open University Press.
- Wenger, E. (1998) *Communities of practice*. New York: Cambridge University Press
- Wernersson, I. (1995) Undervisning för flickor - undervisning för pojkar ... eller ... undervisning för flickor och pojkar? Stockholm: Liber.

- White, R.T. (1996) "The link between the laboratory and learning", *International Journal of Science Education*, 18, (7), 761-774.
- Wickman, P.O. (2002) Vad kan man lära sig av laborationer? I Strömdahl, H. (red) *Kommunicera naturvetenskap i skolan*. Lund: Studentlitteratur.
- Wickman, P.O. & Östman, L- (2001) University students during practical work: can we make the learning process intelligible? In H. Behrends, H. Dancke, R. Duit, W. Gräber, M. Komarek & A.Kross. Eds. *Research in Science Education – past, present and future* (pp 49-60). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- WISE (2004) The Web-based Inquiry Science Environment. <http://wise.berkeley.edu>.
- Viten (2004) Virtual Environments in Science, Hämtat. <http://viten.no>.
- Vygotskij, L.S. (1962) *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vygotskij, L.S. (1978) *Mind and Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: 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), 689-725.
- Zetterqvist, A. (2003) Ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi. En intervjuundersökning med 26 no/biologilärare. (Göteborg Studies in Educational Sciences 197), Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Öhrn, E. (1990) Könsmönster i klassrumsinteraktion. En observations- och intervjustudie av högstadieelevers lärarkontakter. (Diss., Göteborg studies in educational sciences 77), Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Östman, L. (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 & Östman, I (red.), *Problems of Meaning in Science Curriculum*. New York: Teachers College Press.