



FORSKNING
FÖR SKOLAN

Att se helheter i undervisningen

Naturvetenskapligt perspektiv



Skolverket

Att se helheter i undervisningen

– Naturvetenskapligt perspektiv

Skolverket

Beställningsadress:

Fritzes kundservice

106 47 Stockholm

Telefon: 08-690 95 76

Telefax: 08-690 95 50

E-post: skolverket@fritzes.se

www.skolverket.se

Beställningsnr: 12:1271

ISBN: 978-91-87115-30-1

Grafisk form: AB Typoform

Foto omslag: Johnér

Tryck: Elanders Sverige AB, 2012

Upplaga: 15 000 ex

Förord

När lärare och forskare arbetar tillsammans riktas fokus mer på skolutveckling än på den enskilde läraren. Det är viktigt att lärarna reflekterar över sina erfarenheter och sin undervisning.

Men på vilket sätt kan då den naturvetenskapliga forskningen bidra till en förändrad undervisning i naturvetenskap? Vad är det som gör skillnad i elevers lärande i naturvetenskap? I den här översikten diskuteras denna fråga. Det handlar bland annat om att utveckla undervisningen men även om elevers och lärares förutsättningar. Fokus är att lyfta forskning som gynnar undervisningen i naturvetenskap men också att diskutera modeller och dokumenterad samt beprövad erfarenhet som har en mer allmän bäring på undervisningen.

Översikten är skriven av docent Pernilla Nilsson vid Högskolan i Halmstad.

I arbetet har även Thomas Ernald och Per Kornhall, Skolverket, medverkat.

Författaren som har skrivit översikten svarar självständigt för innehållet och de slutsatser som dras.

Tommy Lagergren
Avdelningschef

Eva Minten
Undervisningsråd

Innehåll

- 3 Förord**

- 7 Kapitel 1. Bakgrund**
- 8 Varför NV-didaktisk forskning?
- 12 Att anamma nya idéer – ett ramverk för förändring

- 16 Kapitel 2. Naturvetenskap och skolans naturvetenskap**
- 19 Naturvetenskap som allmänbildning
- 23 Naturvetenskapernas didaktik
– en bro till lärande i naturvetenskap

- 26 Kapitel 3. Lärares ämnesdidaktiska kunskap som förutsättning för elevers lärande**
- 31 Pedagogical Content Knowledge (PCK)
– central för undervisning
- 36 Hur kan lärares PCK identifieras och beskrivas?
- 42 Lärares lärande – att reflektera över naturvetenskaplig undervisning

- 46 Kapitel 4. Learning study – en metod att utveckla elevers och lärares lärande**
- 52 Att förstå relationen mellan en atom och en jon – learning study i naturvetenskap

- 60 Kapitel 5. Att vara elev i det naturvetenskapliga klassrummet**
- 63 Vad tycker då eleverna om naturvetenskapen?

- 70 Kapitel 6. Naturvetenskap som allmänbildning och samhällsfråga (Socio-scientific Issues)**
- 75 Kapitel 7. Principer för undervisning i naturvetenskap – vad säger forskningen?**
- 78 PEEL-projektet – ett sätt att utveckla elevers lärande
- 84 Kapitel 8. Att utveckla det naturvetenskapliga språket**
- 93 Kapitel 9. Laborationen som stöd för elevers lärande**
- 97 Kapitel 10. Bedömning för lärande i naturvetenskap**
- 98 Summativ eller formativ bedömning?
- 103 Kapitel 11. Forskning i NV-didaktik – begriplig, rimlig och fruktbar?**
- 105 Referenser**

Bakgrund

Denna kunskapsöversikt handlar om forskning i naturvetenskapernas didaktik (internationellt benämnt som *Science Education Research*) och målet är att ge lärare en bild av hur forskning kan bidra till den dagliga verksamheten. Bokens titel ”Att se helheter i undervisningen” anspelar på att naturvetenskapen ska ses som en meningsfull helhet, där den naturvetenskap som presenteras i kursplanernas syfte och centrala innehåll måste ses i relation till lärares undervisning och elevers förutsättningar för lärande.

Forskning i naturvetenskapernas didaktik har sedan 1960-talet utvecklats över hela världen men är i Sverige ett relativt nytt forskningsfält. Som Sveriges förste professor i ämnesdidaktik utnämndes Björn Andersson 1997 vid Göteborgs universitet och forskarutbildning i naturvetenskapernas didaktik är numera möjlig vid flera naturvetenskapliga ämnesinstitutioner runt om i Sverige och sedan 2001 finns Svensk Förening för Forskning i Naturvetenskapernas Didaktik (FND). Föreningen har idag medlemmar från såväl skola som högskola och universitet. NV-didaktisk forskning har under de senaste åren belyst många olika teman där det mest framträdande området har handlat om elevers och studenters begreppsförståelse. Inom detta fält har forskningen till stor del gått från en syn på begreppsbyggnad där eleven själv konstruerar sin begreppskunskap till att forskare i NV-didaktik i stället

lyfter fram språket och det sociala samspelets betydelse för lärande i naturvetenskap. Andra framträdande områden belyser elevers attityder, lärares ämnesdidaktiska kunskap och olika former av klassrumsforskning med syftet att utveckla strategier för undervisning och lärande. I tider som präglas av nya krav på bedömning i skolan men också av internationella kunskapsmätningar så som PISA och TIMSS har ett stort intresse för bedömning i naturvetenskap vuxit fram. Slutligen bör nämnas forskning om det område som rör naturvetenskaplig allmänbildning, *scientific literacy*, och naturvetenskapens betydelse ur ett samhällsperspektiv. En sammanfattande bild av fältet visar att det är ett snabbt växande forskningsfält där forskningsresultaten borde påverka lärares praktik och politiska beslut som rör lärarutbildning, skola och undervisning i större omfattning än de gör idag.

Varför NV-didaktisk forskning?

Vad innebär NV-didaktisk forskning och på vilket sätt kan den bidra till en förändrad undervisning i skolans naturvetenskap? Den här boken syftar till att besvara denna svåra men viktiga fråga. Läraryrket är komplext och mångfacetterat och lärare möts dagligen av oförutsedda situationer och frågor att hantera. Lärare engageras också i ett flertal uppgifter som inte handlar om den direkta klassrumsundervisningen.

Läraryrkets komplexitet och samhällets utveckling öppnar för nya spännande möjligheter till förändring. Björn Andersson beskriver ämnesdidaktikens uppgift bland annat som att skapa, utveckla och vårda kunnandet om undervisning, elevers och lärares förutsättningar

och kursplaner. Med andra ord kan NV-didaktisk forskning, både nationellt och internationellt därför ses som en viktig faktor på vägen mot en förändring av skolans naturvetenskapliga undervisning. Philip Keys från Australien menar att det finns en problematik runt relationen mellan nya styrdokument och lärares faktiska klassrumspraktik. Lärare kan ofta vara överens om det innehåll som skrivs fram i kursplanerna men trots detta implementeras det nya inte alltid i klassrummet.

I den nya skollagen står det skrivet att all utbildning ska vila på vetenskaplig grund och beprövad erfarenhet. Detta innebär bl.a. att lärare ska ta till sig pedagogisk och ämnesdidaktisk forskning. I praktiken vet vi att så ofta inte är fallet. Traditionellt sett har akademisk forskning om undervisning och lärande haft en väldigt liten påverkan på lärares faktiska undervisningspraktik och det finns många orsaker till detta. En förklaring kan vara att det upplevs vara skillnad mellan den kunskap som produceras i ett vetenskapligt sammanhang och det sammanhang som kunskapen är avsedd att tillämpas i. Forskning om undervisning har inte alltid som syfte att skapa kunskap *för* lärare om klassrumsarbetet utan snarare att skapa kunskap *om* denna praktik. Dessutom publiceras ofta vetenskapliga artiklar i internationella tidskrifter som lärare har svårt att tillgå och med en språklig jargong som lärare inte alltid känner sig bekväma med. En annan anledning kan vara att akademisk forskning om undervisning och lärande inte alltid belyser de frågor som lärare har att arbeta med i sin vardag. Som en följd av detta kan lärare uppleva forskning som så åtskild från det som händer i klassrummet att det är svårt att se dess

värde. De amerikanska forskarna John Bransford, Ann Brown och Rodney Cocking konstaterar i detta sammanhang att flera olika faktorer gör det svårt för lärare att använda utbildningsvetenskapliga forskningsresultat.

”Till och med det språk som forskare använder skiljer sig mycket från det som lärare normalt använder. Och lärarnas ofta fullspäckade schema innebär att de har lite tid för att hitta och läsa relevant forskning. Dessa faktorer bidrar till den känsla som många lärare uttrycker att forskning är i stort sett irrelevant för deras arbete.”

Å andra sidan kan forskare göra det misstaget att de tror att lärare är så upptagna av praktiken att deras arbete är ”icke-teoretiskt”. Självklart ligger verkligheten någonstans däremellan och respekt för båda perspektiven är nödvändig för att åstadkomma en balans mellan teori och praktik. I en av sina artiklar diskuterar John Loughran från Australien relationen mellan teori och praktik i NV-undervisningen. Han skriver att ”den komplexa och ibland röriga värld som lärare befinner sig i ses ofta som svår för lärare att teoretisera på ett adekvat sätt eftersom de själva är en del av denna värld”. Akademisk forskning tenderar alltså ofta att titta på teori för att hitta lösningar på ”undervisningsproblem” men sådana problem är inte nödvändigtvis desamma som lärare behöver lösa för att hitta fungerande klassrumsaktiviteter. Detta leder i sin tur till det som flera forskare kallar ett ”gap” mellan teori och praktik.

Denis Goodrum, Mark Hackling och Léonie Rennie från Australien belyser vikten av lärarens roll och skriver att om vi ska överbrygga klyftan mellan den ideala

bilden av skolans naturvetenskap och den faktiska bilden som för närvarande finns, är läraren själv nyckeln till förändring. Därför måste lärare uppmuntras och stödjas i att utveckla metoder för bra och meningsfull naturvetenskaplig undervisning i sina klassrum och bygga en djupare förståelse för naturvetenskaplig kunskap i en föränderlig värld. Sandra Abell och Norman Lederman från USA skriver att det grundläggande syftet med forskningen är att förbättra undervisning och lärande över hela världen. Ett sätt att överbrygga gapet mellan teori och praktik är därför att involvera lärare i den kunskapsproduktion som ska utgöra den vetenskapliga basen för deras arbete. Med andra ord ska lärare inte bara konsumera kunskap om undervisning och lärande, de ska också delta i produktionen av denna kunskap och själva bidra till att formulera forskningsfrågorna utifrån sina vardagsproblem. Om så görs sker forskning om undervisningens verklighet tillsammans *med* och inte *på* lärarna vilket också på ett mer systematiskt sätt kan bidra till en förbättring av praktiken. Flera exempel på sådan forskning presenteras senare i denna text.

De holländske forskarna Fred Korthagen och Jos Kessels diskuterar just denna polarisering mellan teori och praktik och säger att vetenskaplig, teoretisk kunskap är mer abstrakt och ofta producerad av forskare, medan praktisk kunskap ofta är situationsbunden och producerad i klassrummet. För att forskning ska ge den effekt som avses bör resultaten ses som tankeverktyg för att problematisera och ge nya perspektiv till undervisningen. Korthagen och Kessels betonar vikten av att forskning om undervisning och lärande inte ska skapa

teorier som producerar konkreta lösningar, utan i stället ska ge lärare hjälp att förstå sin praktik. Lärare förväntas ha kunskap att hantera de olika situationer som de dagligen ställs inför i klassrummet. Denna kunskap utvecklas i undervisningssituationer och då lärare reflekterar över sitt agerande och sina erfarenheter. Genom att lärare och forskare arbetar tillsammans riktas fokus mer på skolutvecklingen än på den enskilda läraren. Korthagen och Kessels skriver slutligen att lärare som forskar på sin praktik och sammanför praktiska erfarenheter, problem och aktuell forskning kan minska gapet mellan teori och praktik. För att avsluta denna inledande argumentation om betydelsen av att NV-didaktisk forskning ska ske *med* lärare och inte endast *på* lärare, vill jag påstå att om lärare bygger ny kunskap med hjälp av vetenskapliga metoder där de också reflekterar över sitt agerande och sina erfarenheter, kan praktiken göras mer teoretiskt och teorin mer praktisk (och undervisningen bättre).

Att anamma nya idéer – ett ramverk för förändring

Ett vanligt och viktigt begrepp inom naturvetenskaplig didaktik är det som kallas *conceptual change*. Conceptual change-forskningen menar att om en kvalitativ undervisning i naturvetenskap ska vara möjlig, är det centralt för lärare att inte endast vara medvetna om, utan även kunna anpassa sin undervisning till, elevernas förutsättningar och intressen. De fyra amerikanska forskarna George Posner, Kenneth Strike, Peter Hewson och William Gertzog använde sig av Piagets begrepp ackommodation då de beskrev en sorts radikal begreppsmässig förändring där

elevs erfarenheter, tankar och idéer samverkar och senare ersätts med nya och mer radikala idéer som på ett bättre sätt löser individens problem. En möjlig definition av begreppet ackommodation skulle kunna vara ”den process som sker när en individ tar till sig kunskap på ett sådant sätt att denne ändrar sina tidigare föreställningar”. En viktig fråga för conceptual change-forskningen är vad som krävs för att individer ska se det som meningsfullt att ändra en nuvarande föreställning och ersätta denna med en ny. Enligt Jan Schoultz har elever flera olika uppfattningar om naturvetenskap redan innan de möter den i skolan, s.k. vardagsuppfattningar. Dessa är ofta starka och svåra att förändra i undervisningen. Att lära sig naturvetenskap betyder inte att vardagsbegreppen överges och ersätts med de naturvetenskapliga. Vardagsbegreppen fyller en viktig funktion i många situationer och kommer att finnas kvar hos eleven. Schoultz skriver vidare att begrepp utvecklas när människor kommunicerar och därför är det väsentligt att elever får chansen att samtala och diskutera problemställningar i skolan där de naturvetenskapliga begreppen behöver användas. För att bygga vidare på detta resonemang menar begreppsforskningen att för att elever, eller lärare, ska förändra sina föreställningar om något begrepp så måste detta begrepp ha genererat problem som de inte kan lösa. En alternativ idé eller ett begrepp accepteras alltså hos en individ då den visar potential att lösa ett problem och då den utgör ett fruktbart verktyg för att göra olika fenomen begripliga. Sådana alternativa begrepp kan kopplas till tidigare erfarenheter, bilder eller modeller som gör att de verkar intuitivt självklara. Med

andra ord kan elevers och lärares tolkningar av idéer och begrepp bygga på den erfarenhet de haft tidigare från undervisning eller lärande i naturvetenskap. För att man som individ verkligen ska ta till sig en idé och förändra sin föreställning om något måste alltså nya begrepp och idéer vara meningsfulla och verkligen göra en skillnad. Posner, Strike, Hewson och Gertzog belyser fyra nödvändiga villkor för att elever ska förändra sin förståelse av olika naturvetenskapliga begrepp. Omsatt i en undervisningspraktik går dessa fyra villkor alldeles utmärkt att använda som ett ramverk då man diskuterar villkor för hur man som individ (lärare, skolledare, elev...) ska anamma nya idéer och förändra sitt tänkande och sin praktik. De fyra villkoren kan utgöra ett ramverk för en förändring av skolans undervisning och lärande i naturvetenskap.

1. Det måste finnas ett problem eller ett missnöje med en föreställning, tanke eller idé. Innan en individ anammar ett nytt begrepp eller en ny idé måste denne ha upplevt en mängd problem som inte går att lösa med individens nuvarande begrepps-förståelse.
2. En ny föreställning måste vara begriplig, *intelligible*. Individens måste kunna förstå hur en erfarenhet kan struktureras av ett nytt begrepp samt de möjligheter till förbättring som begreppet innebär. I naturvetenskap används ofta analogier och metaforer för att ge mening åt och göra olika begrepp begripliga.
3. En ny föreställning måste visa sig vara rimlig, *plausible*. Alla nya begrepp som antas måste åtminstone ha kapacitet att lösa de problem som genereras av dess föregångare. Rimlighet resulterar också i att begreppet är konsekvent i relation till annan kunskap.

4. Ett nytt begrepp måste vara fruktbart, *fruitful*. En ny idé kan komma att accepteras om den verkar ha potential att lösa ett problem och skapa en fruktbar linje. Om det nya begreppet inte bara löser problem utan också leder till nya insikter och upptäckter så är det nya begreppet fruktbart och begreppet anammas av individen.

Då skolans naturvetenskapliga undervisning till stor del handlar om att eleverna ska kunna kommunicera begrepp och fenomen i ett meningsfullt sammanhang blir en utmaning för skolan att bättre möta ungdomars nyfikenhet och de frågor elever ställer. För att möta denna utmaning krävs ett kunskapsbygge kring elevers intressen och engagemang men också strukturer för lärares samarbete där erfarenheter utbyts och nya arbetssätt testas och värderas.

Naturvetenskap och skolans naturvetenskap

Skolinspektionens rapport *Fysik utan dragningskraft* betonar betydelsen av kunniga och engagerade lärare för elevers lust att lära. Kvaliteten på undervisning i naturvetenskap är många gånger bristfällig, vilket kan utgöra en viktig anledning till att kunskapsresultaten dalar och eleverna uppfattar ämnet som tråkigt och oinspirerande.

En viktig faktor i detta sammanhang rör naturvetenskapens roll i de tidiga årskurserna där en stor mängd forskning visar (se t.ex. Appleton; Nilsson; Vikström) att undervisningen i naturvetenskap av olika anledningar är begränsad. Då svenska lärare i de tidigare åren ofta undervisar i flera ämnen behöver de ha kunskap inom flera olika ämnesområden. Men då många av lärarna ofta har sin bästa kompetens inom det humanistiska och samhällsvetenskapliga området tenderar de många gånger att lägga mindre vikt vid naturvetenskap. Särskilt kan kemi- och fysikundervisningen bli försummad. Keith Skamp menar i detta sammanhang att många lärare i de tidiga årskurserna har haft negativa erfarenheter av naturvetenskap under sin egen skolgång, vilket också leder till att de aktivt undviker naturvetenskap i sina universitetsstudier. Även Wynne Harlen beskriver detta faktum och visar att engelska lågstadielärare rankar naturvetenskap som nummer åtta av elva ämnen vad avser deras förmåga att

undervisa ämnet. Ämnesdidaktiska frågor är alltså inte endast viktiga för läraren utan ligger till grund för elevernas förståelse av ämnet, ämnets betydelse och världen omkring dem.

Begreppet naturvetenskap kan enligt den norske professorn i naturvetenskapernas didaktik Svein Sjöberg ses på tre olika sätt; som process, som produkt och som samhällsinstitution:

- **Den naturvetenskapliga processen**

Detta är en process som producerar kunskap och bygger på observationer som sedan leder fram till teorier som testas och prövas med experiment. När dessa teorier har verifierats tillräckligt, oftast genom fler och noggrannare observationer och experiment, kan de övergå till att bli lagar. Den samlade kunskapsmassan förändras hela tiden när nya observationer och experiment görs. Dock är kunskapen varaktig trots att den är föränderlig. Elevers intresse för naturvetenskap kan öka om de får arbeta naturvetenskapligt och undersöka och diskutera sina resultat.

- **Naturvetenskapens produkter**

Detta är enligt Sjöberg tankar, begrepp, principer, teorier och lagar. Dessa produkter har vuxit fram genom århundradena och har resulterat i en annan form av produkter, nämligen den teknik och de hjälpmedel människan skapat åt sig själv utifrån naturvetenskapliga landvinningar. Detta område utvecklas i allt snabbare takt och blir allt mer komplicerat att förstå.

- **Naturvetenskapen som samhällsinstitution där naturvetenskapen både påverkar och påverkas av samhället**
Här finns sex olika aspekter av naturvetenskap i samhället, också kallade argument:
 1. **Ekonomiargumentet:** naturvetenskap är grunden till ekonomisk och teknologisk utveckling.
 2. **Nyttoargumentet:** att klara av vardagslivet i ett modernt samhälle men även att lösa de problem vi skapar för t.ex. miljön.
 3. **Demokratiargumentet:** att skapa ansvarsfulla, kritiskt tänkande människor som är aktiva i samhällsfrågor.
 4. **Kulturargumentet:** vår vetenskapshistoria, som är grunden till vår västerländska kultur. Här ingår bl.a. vetenskapsfilosofi och epistemologi, dvs. del av filosofin som förklarar: Vad är kunskap? Vad kan vi ha kunskap om? Vad vilar vår kunskap på? Vilka antaganden?

Per-Olof Wickman och Hans Persson tar upp ytterligare två argument för att läsa naturvetenskap; det moraliska argumentet och det estetiska argumentet.

5. **Moraliska argumentet:** naturvetenskapen omfattar vissa värden och attityder, t.ex. kritisk och prövande hållning i sak.
6. **Estetiska argumentet:** naturvetenskapen behövs därför att den tillfredsställer en grundläggande mänsklig nyfikenhet på naturen.

Liksom tidigare nämnts kretsar de ämnesdidaktiska frågorna runt, varför, vad, hur och för vem undervisningen

ska struktureras. Sjöbergs och Wickman och Perssons argument ovan är viktiga eftersom vi som lärare ska motivera och argumentera för naturvetenskapens plats i skolan. Om man relaterar argumenten till den text som illustrerar syftet i de nya kursplanerna Lgr 11 finns flera paralleller att dra då kursplanernas syfte också speglar varför ämnena är viktiga.

Andersson beskriver det samhällsanknutna sättet att framställa naturvetenskapen som en social process som äger rum inom en kultur som karaktäriseras av debatt och argumentation men där naturvetenskapen har sista ordet genom att ge svar på frågor. De nya kursplanerna för fysik, kemi och biologi (Lgr 11) belyser särskilt elevernas argumenterande förmåga då t.ex. eleverna i ämnet fysik ska ”använda kunskaper i fysik för att granska information, kommunicera och ta ställning i frågor som rör energi, teknik, miljö och samhälle”.

Naturvetenskap som allmänbildning

Människans nyfikenhet inför det hon inte förstår är grundläggande i hela vår utveckling. Under det senaste decenniet har ett tydligt mål för naturvetenskaplig undervisning varit att utbilda unga människor till att bli så kallat naturvetenskapligt allmänbildade, *scientific literate*. Även om ett sådant uttalande verkar relativt enkelt, finns det idag ingen samstämmighet om vad detta egentligen innebär. Till exempel föreslår den kanadensiske forskaren Douglas Roberts i sin översikt av undervisning i naturvetenskap en modell bestående av två visioner av naturvetenskaplig kunskap. Den första, Vision I, belyser själva naturvetenskapen med dess begrepp, teorier, lagar

och processer. Den andra, Vision II, utgår från olika situationer i samhället där naturvetenskap har en viktig roll. Det huvudsakliga syftet i Vision I är att introducera eleverna i naturvetenskap och att fostra dem till framtida naturvetare. Lagar och teorier från lärare eller lärobok omsätts då på ett sätt som ofta är bortkopplat från skolans omgivande verklighet och elevernas vardag. Vision II syftar, enligt Roberts, till att lära av naturvetenskapen som finns i samhället genom att problematisera naturvetenskapens roll i elevens vardag. Då naturvetenskap diskuteras utifrån vardagsnära problem sätts kunskapen i ett större sammanhang och blir mer meningsfull och intressant för eleverna. Vision II relaterar till situationer som eleverna kan stöta på som samhällsmedborgare.

Traditionellt har skolans naturvetenskapliga utbildning fokuserat på en Vision I-syn på naturvetenskapligt kunnande som av många forskare anses ha lett till ett minskat intresse för naturvetenskap hos elever. En annan kanadensisk forskare, Glen Aikenhead, beskriver Vision II som en väg att öka elevernas förmåga att förstå sin vardag där deras liv alltmer påverkas av vetenskap och teknik. Men han menar också att en naturvetenskap enligt Vision II tyvärr alltför sällan förekommer i praktiken. En orsak till detta menar de är att många lärare i naturvetenskap har vuxit upp som elever och sedan blivit lärare inom en Vision I-syn, där deras erfarenheter ofta utgör kulturella normer för skolans naturvetenskap. För dessa lärare i naturvetenskap behövs en betydande kulturell förändring i förhållande till hur de ser på naturvetenskap i sina klassrum för att utbilda sina elever på ett sätt mer i linje med en Vision II. Peter Fensham från Austra-

lien beskriver relationen mellan vision I och II som en konflikt mellan två poler. Å den ena sidan har man velat introducera eleverna i naturvetenskapens värld. Å den andra sidan har man önskat att undervisningen skulle inriktas mot att ge eleverna funktionella naturvetenskapliga kunskaper, dvs. kunskaper som de kan använda i vardagslivet. Han kallar dessa två inriktningar för *Induction into science* respektive *Learning from science*. Fensham belyser ett antal anledningar till att lärare ofta undervisar i enighet med Vision I. En av dessa är den traditionella synen på undervisning i naturvetenskap. Ytterligare en aspekt är rädslan för det icke-vetenskapliga, såsom värderingar, som tar större anspråk i Vision II. Dessa aspekter måste tas i beaktning och försöka överbyggas om Vision II ska bli något mer än bara en vision.

Leif Östman studerar biologi- och kemiundervisningens följemening, dvs. de underliggande värderingar som undervisningen i dessa ämnen förmedlar. Det gäller t.ex. människans syn på naturen och förhållandet mellan människan, naturen och världen. I den viktiga diskussionen om relationen mellan naturvetenskap och skolans naturvetenskap använder sig Douglas Roberts av sju olika ”emfaser”, alltså grundläggande motiv och tyngdpunkter i naturvetenskaplig undervisning:

Vardagsemfasen, *Everyday coping*. Denna emfas betonar att individen ska klara sig bra i samhället. Man kan inom kemiämnet lära sig om matens och hushållets kemi och i fysiken behandla frågor som rör energi och värme i hemmet. Naturvetenskap är viktigt i vardagen för att klara av olika sysslor, man har alltså en nytta av kunskapen.

Vetenskapens intellektuella process, *Structure of science*: Samhället behöver även en elit som kan tänka naturvetenskapligt. Denna emfas lägger tyngdpunkten på att eleverna ska få en djupare förståelse för hur naturvetenskapen är uppbyggd med modeller, bevis och teorier.

Förstå sig själv, *Self as explainer*: Varje individ ska kunna bygga upp sin egen kunskap och förklaringar av fenomen inom naturvetenskapen och kunna se sammanhang och förstå betydelsen av dem.

Vetenskap, normer och beslut, *Science, technology, decisions*: Individerna ska kunna fatta kloka beslut grundade på ett naturvetenskapligt kunnande. Syftet är att eleverna kan och vill delta i samhällets beslutsprocesser och även kunna skilja på värderingar och naturvetenskap.

Vetenskapliga metoden, *Scientific skill development*: Samhället behöver individer som behärskar vetenskapliga metoder och färdigheter. Denna emfas syftar till att lära ut de metoder och kunskaper som krävs för att göra vetenskapliga undersökningar.

Korrekt förklaringen, *Correct explanations*: Denna emfas innebär att individen korrekt ska kunna förklara naturvetenskapliga skeenden. Eleven bör känna till grundläggande fakta för att de är allmänt accepterade och man ska alltså få en riktig tolkning av vad som sker i världen.

Den säkra grunden, *Solid foundation*: Denna emfas understryker att det är viktigt att lära sig en stabil grund som man kan bygga vidare på i fortsatta studier.

Roberts menar att dagens naturvetenskapliga undervisning innehåller mycket av den ”korrekta förklaringen” där svaret på varför eleverna ska lära sig något blir – därför att det är sant. Wickman och Persson beskriver Roberts emfaser som motiv för att eleverna ska lära sig ämnesinnehållet och som ett svar på elevernas frågor om ”Varför ska jag lära mig det här? Med andra ord kan såväl emfaserna som Sjöbergs argument användas som grund vid en ämnesdidaktisk diskussion om inriktning och innehåll i den naturvetenskapliga undervisningen. Då människor ständigt konfronteras med naturvetenskaplig kunskap för att ”beskriva och förklara fysikaliska samband i naturen och samhället” (Lgr 11, kursplan fysik) behöver framtidens lärare kunna ta tillvara elevers intresse, men också stimulera dem att ställa nya frågor. I detta sammanhang kan en Vision II-undervisning vara nyckeln till att utveckla elevers intresse för naturvetenskapen runt omkring dem.

Naturvetenskapernas didaktik – en bro till lärande i naturvetenskap

Naturvetenskapernas didaktik behandlar undervisning och lärande av ett naturvetenskapligt innehåll. Vilken roll spelar då ämnesdidaktiken för innehållet i skolans naturvetenskap? Generellt sett har ämnesdidaktiken tre viktiga kontaktytor mot omgivningen. Den första är mot angränsande utbildningsvetenskapliga discipliner som pedagogik och didaktik, den andra är mot naturvetenskaperna som ämnen och den tredje är den praktiska undervisningen i såväl skola som lärarutbildning. Andersson menar att ämnesdidaktiken kräver förtrogen-

het med alla dessa tre kunskapsområden. Enligt Sjöberg innebär ämnesdidaktik ”de överväganden som är knutna till den innehållsmässiga sidan av skolans undervisning i naturvetenskapliga ämnen”. Enligt denna definition blir Roberts emfaser ytterst aktuella. Då Sjöberg vidare beskriver ämnesdidaktiken som en bro mellan ämnet och pedagogiken blir frågor som följande viktiga att ställa: Vad ska undervisas, hur och varför ska det undervisas och för vem ska undervisningen planeras. NV-didaktiska frågeställningar syftar till att bidra till en utveckling av undervisning och lärande i naturvetenskap och behandlar undervisningens innehåll och metoder, från läromedel, styrdokument, laborativt arbete och lärares kunskapsutveckling till elevers attityder och läroprocesser. Andersson beskriver ämnesdidaktiken som en ny skolkultur där eleven och undervisningens innehåll står i centrum. Viktiga områden för denna kultur är: omsorg om elevens utveckling och behov, strävan efter goda och varaktiga ämneskunskaper, strävan efter att integrera olika former av kunskap och använda dessa för att förstå den komplexa omvärlden, nyfikenhet på andra ämnen än de egna, medvetenhet när det gäller värdefrågor och stimulans av både intellekt och känsla.

Men trots att den NV-didaktiska forskningen under de senare åren har belyst såväl klassrumsforskning som forskning om elevers attityder till, och intresse för, naturvetenskap, visar internationella kunskaps- och attitydtester fortfarande en nedåtgående trend när det gäller de naturvetenskapliga ämnena. Då många elever har en naturlig upptäckarlust, kreativitet och nyfikenhet för naturvetenskapen i världen omkring dem, blir

den ämnesdidaktiska frågan om vad som påverkar elevers intresse (eller ointresse) för naturvetenskap viktig. Lärarens förhållningssätt, attityd och val av innehåll och arbetssätt har en avgörande betydelse för kunskapsutveckling och intresseskapande. En viktig uppgift för läraren blir därför att skapa meningsfulla undervisnings-situationer där eleverna får möjlighet att relatera naturvetenskapliga fenomen till sin egen vardag och till de olika områden som intresserar dem. För denna uppgift spelar ämnesdidaktiska frågeställningar en viktig roll.

Andersson menar att det finns en ämnesdidaktisk kunskapsbas, uppbyggd med vetenskapliga metoder som kan användas för att skapa nya sätt att undervisa. Med andra ord har lärarens kompetens en betydande roll i NV-undervisningen för att eleverna ska känna delaktighet i de frågor och problem som formuleras och därmed nå en djupare kunskapsbildning. Kan då NV-didaktisk forskning bidra till förändrad undervisning och lärande i naturvetenskap? För att kunna besvara den fråga ska vi i nästa avsnitt belysa forskning om lärares ämnesdidaktiska kunskap samt vad denna forskning betyder för elevers lärande.

Lärares ämnesdidaktiska kunskap som förutsättning för elevers lärande

Skolforskning visar att vad läraren *gör* är den enskilt viktigaste faktorn för att elever ska uppnå de förväntade lärandemålen, se t.ex. Hattie. En viktig aspekt i lärarens ämnesdidaktiska kunskap är att introducera nya begrepp, sammanhang och teorier på ett sätt som är meningsfullt och som främjar elevers lärande. Läraren bör vara tydlig, engagerad, bry sig om eleverna, vara medveten om varje elevs aktuella kunskap och sätt att tänka samt anpassa undervisningen efter detta. Men vad utgör egentligen en lärares professionella kunskap? I nummer 2 av Pedagogiska magasinet 2011 refererar Ulla-Karin Nordänger till den norske forskaren Öjvind-Nordell som beskriver uppgiften att definiera lärarkunskap som en ”mission impossible” vilket måste balanseras ”mot det faktum att till och med universum verkar ha en given struktur vid ett givet tillfälle”. Beroende på position och perspektiv ser vi olika mönster på stjärnhimlen och kan använda dessa för att orientera oss vidare, trots att vi vet att allt *egentligen* rör sig och att stjärnornas förhållande till varandra är mera komplicerat än vad dessa mönster visar. Det vi med all säkerhet kan säga är att lärarens kompetens har en betydande roll för att eleverna ska bli delaktiga i en naturvetenskaplig gemenskap och därmed nå en djupare kunskapsbildning.

Eftersom lärarens ämnesdidaktiska kunskap har stor betydelse för hur elever lär är det viktigt att försöka definiera denna kunskap. Ann Zetterqvist beskriver i sin avhandling lärares ämnesdidaktiska kompetens som en integrering av ett antal olika aspekter ur en ämnesdidaktisk kunskapsbas. Denna kunskapsbas utgörs av ämneskunskap och kunskap om undervisningsstrategier, teorier om lärande, läro- och kursplaner, läromedel, elevers och lärares förutsättningar, samt kunskap om utvärdering. I Zetterqvists studie fick 26 lärare beskriva sina strategier då de undervisade evolutionsbiologi. Resultaten visar att dessa lärares undervisning antingen syftade till begreppsförståelse eller mot en orientering inom ämnet. Skillnaden mellan dessa två undervisningsstrategier var att orienteringsinriktningen fokuserade på att förmedla att evolutionen har skett, medan undervisningen som inriktas mot begreppsförståelse fokuserar på att förmedla hur evolutionen har gått till.

Lärares egen ämnesförståelse är också viktig för hur de undervisar sina elever. Pernilla Nilsson visar i sin avhandling att lärare och lärarstudenter för de tidigare årskurserna ofta känner en viss osäkerhet inför den egna ämneskunskapen, vilket påverkar deras undervisning. Lärarstudenter påstår ofta att de saknar en djupare förståelse för ämnet, vilket gör att de inte alltid kan svara på elevers frågor eller ”spinna vidare” på de diskussioner som uppstår i klassrummet. Susanne Thulins avhandling om naturvetenskap i förskolan betonar även den vikten av att lärare i förskolan har en kunskap om och trygghet i naturvetenskap för att kunna möta barnens frågor och stimulera deras intresse.

Att lärares ämneskunskaper är centrala för undervisning kan verka självklart, men trots god ämneskunskap förmår inte alltid läraren att hantera innehållet på ett sådant sätt att det skapas möjligheter för eleverna att lära sig. Att lärare ska ha gedigna ämneskunskaper och ett didaktiskt kunnande framhålls också i regeringens proposition för den nya lärarutbildningen (09/10:89). Därför är det ytterst angeläget att diskutera vad detta innebär. Utbildningsministern har i flera av sina uttalanden belyst vikten av lärares djupa ämneskunskaper och införandet av statligt utnämnda lektorer är ett steg i denna riktning. Men trots att flera länder, t.ex. England, successivt har rekryterat akademiskt välkvalificerade ämnesforskare till skolan, har elevers resultat i kunskapsmätningar inte förbättrats. John Hattie kom i sin meta-studie bland annat fram till att lärares ämneskunskaper och utbildning betyder mycket mindre än den didaktiska skickligheten. Detta stöder även den amerikanske forskaren Linda Darling-Hammond som menar att en lärares djupa ämneskunskaper påverkar undervisningseffektiviteten då det handlar om att lära vissa grundläggande kunskaper men däremot blir denna påverkan mindre därefter. Flera forskare diskuterar relationen mellan ämne och ämnesdidaktisk kunskap och menar att det finns en mycket stor skillnad mellan kunskap om ämnet och kunskap om undervisning och lärande av ämnet. Relationen mellan lärares ämneskunskaper och förmåga att undervisa belyses även av Sandra Abell som ställde frågan om lärare med djupare kunskaper i naturvetenskapliga ämnen också automatiskt är bättre lärare:

”Om detta var sant så skulle världens bästa naturvetenskapliga undervisning ske på universitetsnivå med lärare som doktorerat i sina ämnen. Men vi vet att så inte alltid är fallet, universitetsstudenter hänvisar ofta till dålig undervisning som ett skäl till avhopp från utbildningar.”

Därför blir relationen mellan en lärares ämneskunskaper och dennes förmåga att främja elevers lärande central. I relation till Roberts emfaser, och då särskilt de tre sista emfaserna *Scientific skill development*, *Correct explanations* och *Solid foundation*, krävs en hög ämneskompetens hos eleverna vilket tydligt pekar på att lärares ämneskompetens också bör vara stark. Här finns ett intressant forskningsfält. Om den komplexa relationen mellan lärares ämneskunskaper och förmågan att omsätta dessa i en undervisningssituation (dvs. *hur* ett ämnesinnehåll ska presenteras så att eleverna förstår) tydligt hade kunnat definieras skulle vår förståelse av vad ”god undervisning i naturvetenskap” är också kunna bidra till ett ökat lärande hos elever.

En förståelse för vilka faktorer som bidrar till att utbilda kompetenta och kunniga lärare i naturvetenskap kan kanske också hjälpa lärarstudenter att utveckla denna form av kunskap under utbildningen. Detta illustreras i Nilssons forskning där en av hennes lärarstudenter beskrev sitt syfte med undervisningen i naturvetenskap som att barnen skulle ”ha kul” och lära sig grundläggande begrepp i relation till det undervisade innehållet. Hon ville låta barnen uppleva och experimentera utifrån sina egna villkor. Studenten betonade vikten av att

kunna göra sin egen ämneskunskap begriplig för barnen då hon undervisar i ellära:

”Det är verkligen viktigt att omvandla sin ämneskunskap på ett sätt så att eleverna förstår. Om vi är där uppe i skyn, och barnen är på marken så måste vi faktiskt använda oss av fler övningar i mitten. Vi har insett att man måste använda olika förklaringar beroende på vilken elev du talar med. Därför är det ju också viktigt att inte bara kunna hitta lämpliga förklaringar utan också veta något om elevers olika villkor”.

Men vilken kunskap har en professionell lärare och hur omsätts denna i klassrumspraktiken? En viktig aspekt av lärares professionella kunskap belyses av Loughran då han säger att en lärare som klassas som expert förstår relationen mellan undervisning och lärande på sätt som ger läraren insikt i den egna praktiken och på ett sätt som inte bara utvecklar elevernas lärande utan också den egna professionella kunskapen. Läraren ska alltså vara kunnig i sitt ämne och om varje elevs aktuella kunskap och sätt att tänka – men också reflektera över sin egen undervisning i relation till elevers lärande.

För att kunna hantera komplexa klassrumssituationer behöver alltså läraren en reflektiv och teoretisk underbyggnad, beprövad erfarenhet samt ett gott omdöme. Till detta kommer också de viktiga förmågor som handlar om att leda och organisera undervisningen så att en trygg lärandemiljö skapas för eleven samt att skapa goda relationer till eleverna som bygger på ömsesidig respekt. När dessa olika kompetenser integreras utvecklas en förmåga att använda kunskaperna i relation till de unika

omständigheter som råder i den specifika undervisnings-situationen och kan därmed utveckla elevers lärprocesser. År 2008 gav den internationella tidskriften *International Journal of Science Education* ut ett temanummer där ett antal forskare skrev om lärares ämnesdidaktiska kunskap i naturvetenskap. Amanda Berry och hennes kollegor skriver i detta nummer att:

”Lärares professionella kunskap är svår att definiera och kategorisera och därför exceptionellt svår att uttrycka och dokumentera – ändå är det otroligt viktigt att göra just detta.”

Ett sätt att definiera denna kunskap beskrivs i nästa avsnitt.

Pedagogical Content Knowledge (PCK) – central för undervisning

Ett sätt att begreppsliggöra och strukturera lärares professionella kunskap beskrevs av den amerikanske forskaren Lee Shulman under mitten av 1980-talet. Under en konferens i USA argumenterade Shulman kring att lärarutbildningarna i USA fokuserade alltför mycket på generella kompetenser. Han menade att undervisningen i det specifika ämnet med dess innehåll behövde få en tydligare roll. I samband med detta myntade han begreppet *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) som den specifika kunskap en lärare har i att undervisa ett ämnesinnehåll till en grupp elever på ett sätt som främjar deras förståelse. Det finns ingen direkt svensk översättning av detta begrepp men Zetterqvist kallar (som beskrivs ovan) det ”ämnesdidaktisk kompetens” och Nilsson ”ämnesdidak-

tisk kunskap”. I denna översikt kommer förkortningen PCK att användas då denna alltmer förekommer även i icke engelsktalande länder.

Då Shulman år 1986 myntade begreppet PCK påpekade han vikten av lärares förståelse för hur ämneskunskaper omsätts i en undervisningspraktik och relateras till elevers lärprocesser. I sin första artikel beskrev han endast tre olika former av kunskap som han menade utgjorde en lärares professionella yrkeskunskap: ämneskunskap, PCK och kunskap om skolans styrdokument. Denna beskrivning kan upplevas som ganska begränsande vilket också kanske var Shulmans egen upplevelse eftersom han i en artikel året efter blev mer precis i sin beskrivning av lärares kunskap. I denna artikel identifierade han i stället sju grundläggande kunskapskategorier som han menade behövs för undervisning: Ämneskunskap, pedagogisk kunskap, kunskap om styrdokument, PCK, kunskap om elever, kunskap om skolans kontext och kunskap om mål för undervisning och lärande. En lärares PCK inkluderar enligt Shulman de speciella egenskaper en lärare har som hjälper honom/henne att guida eleverna till att förstå ett ämne på ett sätt som är meningsfullt. Här ingår kunskap om analogier och metaforer, förklaringar eller exempel som underlättar elevers förståelse samt vad som gör det lätt eller svårt att lära ett specifikt ämnesområde. PCK innebär med andra ord att läraren dels har kunskap om det specifika ämnet i sig, t.ex. mekanik eller partikelteori, dels att han eller hon har kunskap om hur detta undervisas, t.ex. att man kan förstå Newtons tröghetslag genom att uppleva den i en berg-och-dal-bana. En mycket viktig byggsten i den ämnesdidaktiska kunskapsbasen för en

lärare är, med utgångspunkt från Shulmans definition av PCK, att utveckla en trygghet och säkerhet i ämnet som ska undervisas. Shulman argumenterade för att:

"Nyckeln till att urskilja lärares kunskapsbas ligger i mötet mellan innehåll och pedagogik, i lärarens förmåga att omvandla det ämnesinnehåll hon eller han äger till former som är pedagogiskt kraftfulla och samtidigt anpassade till variationen i förmåga och bakgrundskunskap hos eleverna."

Den kunskap en lärare behöver för att undervisa ett ämne på ett sätt så att eleverna både förstår och stimuleras är alltså inte enbart beroende av lärarens ämneskunskaper, utan även av förmågan att *använda* denna kunskap i en undervisningssituation.

Begreppet PCK har under de senaste åren debatterats i internationell forskningslitteratur och innebörden av begreppet har utvecklats och kommit att framstå som mer komplext och sammansatt än som det först beskrevs. Bland annat har Shulmans kategorisering av PCK som en av sju kunskapsbaser diskuterats och kritiserats av olika forskare under de senaste 20 åren. Flera har ställt frågan om Shulman själv var riktigt säker på hur PCK som en form av kunskap förhöll sig till de andra sex. De två engelsmännen Keith Bishop och Paul Denley menar att PCK inte ska betecknas som en typ av kunskap utan snarare en process där olika kunskapsbaser kombineras för olika undervisningskontexter i relation till eleverna och ämnet. PCK kan då i Shulmans termer beskrivas som en sammanslagning av de andra sex kunskapskategorierna vilka relateras till undervisningens karaktär, kunskap

och föreställningar om undervisningsstrategier, mål och syften i styrdokument, kunskap om elevers förståelse för specifika naturvetenskapliga fenomen och kunskap om bedömning av elevers lärande i naturvetenskap. Inom ramen för denna unika kunskapsdomän inkluderas alltså även kunskap om bedömning som en integrerad del i lärares undervisning och elevers lärprocess. Bishop och Denley illustrerade de olika kunskapsbaser som en lärares PCK är uppbyggd av genom en färgsnurra, ”spinning top”, bestående av olika färger. Då färgsnurran inte är i rörelse är färgerna olika och förhållandevis skilda ifrån varandra. Men då snurran sätts i ”spinn” smälter de olika färgerna ihop till en ny vit färg. Den nya färgen skiljer sig från de andra och kan endast observeras och studeras ”in action”.

I sin diskussion av begreppet PCK lyfter även Julie Gess-Newsome frågan om PCK är en unik kunskap som skapas i strålkastarljuset i klassrummet genom att ämneskunskapen, den pedagogiska kunskapen och den kontextuella kunskapen smälter ihop till en ny form av kunskap kallad PCK. Eller är PCK helt enkelt en integrering av de tre kunskapsformerna där en av de tre kan vara dominerande? Denna fråga är ytterst relevant i dagens lärarutbildning då ämnesdidaktikens roll i ämnena och ämnesdidaktikens ”infärgning” i den utbildningsvetenskapliga kärnan diskuteras. Eftersom de olika komponenterna interagerar på ett ytterst komplext sätt är det viktigt att veta *hur* de interagerar och hur deras interaktion påverkar lärares handlingar i en undervisningssituation. Här spelar NV-didaktisk forskning en viktig roll.

Trots att det gått 25 år sedan Shulman myntade begreppet PCK finns det idag inom forskningsfältet PCK ett stort behov av att studera begreppets innebörd i relation till lärares klassrumspraktik. Det finns en viktig poäng med att påstå att en ökad kunskap om relationen mellan ämnets innehåll, hur detta undervisas genom olika strategier i klassrummet och slutligen hur elevernas lärande bedöms också kan bidra till effektivare lärprocesser i klassrummet. Att PCK är fokuserat på hur ett ämne undervisas, konkretiseras och representeras och vidare förstås av eleven råder det inga tvivel om. Nilsson menar att lärare och lärarstudenter utvecklar också sin egen förståelse för ämnet då de planerar, genomför och reflekterar över undervisningssituationer. När lärare förbereder sig för att undervisa inom ett område som är nytt för dem, blir ämneskunskapen som de utvecklar integrerad med deras idéer om hur de faktiskt ska undervisa stoffet, vilket är en kärnfaktor i PCK. Men trots att det finns en samstämmighet runt det faktum att det finns en unik kunskap för undervisning av specifika ämnen är denna kunskap svår att beskriva. Loughran och hans kollegor diskuterar svårigheter med att identifiera PCK, och lyfter fram reflektionen av lärares erfarenheter i klassrummet som en viktig faktor.

"Undervisning kräver betydligt mer än att överlämna ämnesinnehåll till elever... PCK är den kunskap som lärare utvecklar över tid och genom erfarenhet om hur man undervisar ett speciellt innehåll på speciellt sätt för att öka elevers lärande."

Hur kan lärares PCK identifieras och beskrivas?

Ett sätt att illustrera lärares PCK för olika ämnesområden genom så kallade CoRe, *Content Representations*, har utvecklats av Loughran och hans kollegor i Australien. Lärare har där fått formulera så kallade "Big Ideas" för det ämnesinnehåll de undervisar samt reflektera över hur dessa idéer på olika sätt kan göras tillgängliga för eleverna i undervisningssituationen. Utifrån dessa Big Ideas finns åtta frågor som lärarna får reflektera över. En CoRe är på så sätt ett detaljerat ramverk för att beskriva kunskap om naturvetenskapligt innehåll, kunskap om hur elever lär sig olika naturvetenskapliga ämnesområden, och strategier för undervisning och bedömning. Genom att reflektera med hjälp av en CoRe, som i exemplet nedan, kan några aspekter av lärares kunskap om att undervisa ett ämnesområde, dvs. PCK, belysas. Exempel på detta kan vara en översikt av de mål som man vill att eleverna ska uppnå, vilken kunskap man som lärare har om elevers alternativa uppfattningar, hur man på ett insiktsfullt sätt kan testa elevers förståelse, vilka faktorer som kan påverka eleverna i undervisningssituationen, effektiva undervisningsstrategier m.m.

Kortfattat är en CoRe en detaljerad beskrivning för vad, hur och varför ett specifikt ämnesområde undervisas. Tar man exemplet luft för grundskolans tidigare år kan en Big Idea vara att "luft tar plats" en annan kan vara att "varm luft stiger". Om temat i stället är ellära så kan en Big Idea vara att "det krävs en sluten krets för att få ström". Tänker man i stället på temat partikelteori för grundskolans senare år kan olika Big Ideas vara att

”materia är uppbyggt av små enheter som kallas partiklar”, ”mellan partiklarna finns ett tomrum”, ”partiklar är i konstant rörelse”, ”partiklar av olika grundämnen är olika”, eller att ”modeller används i naturvetenskap för att förklara fenomen. Modeller har begränsningar”.

Dessa så kallade Big Ideas är alltså inte endast rena fakta som hämtas från en textbok utan i stället utgör en Big Idea en generell kunskap, ett viktigt fenomen eller begrepp som är värt att veta inom ett specifikt ämnesområde. Var och en av dessa Big Ideas reflekteras utifrån de åtta frågorna nedan, t.ex. vad eleverna måste lära om varje Big Idea, varför det är viktigt för eleverna att känna till dessa idéer, elevers eventuella svårigheter med att förstå begreppen och hur dessa begrepp passar in med den kunskap läraren har om innehållet (alla av stor betydelse för en lärares undervisning och elevers lärande). Därför fungerar också en CoRe som ett viktigt verktyg i forskning för att identifiera en lärares ämnesdidaktiska kunskap inom ett specifikt ämnesområde. I sin granskning av PCK, ansåg Vanessa Kindt från England att en CoRe är det mest användbara verktyget som idag finns för att få lärare att problematisera sin egen kunskap om undervisning i ett ämne.

Metoden är tydligt centrerad i lärarnas kunskaper och färdigheter och en färdigifylld CoRe ger en god insikt i en lärares val vad avser såväl innehåll som metoder. Nyligen har Content Representations också använts på olika håll i Sverige och i världen som ett verktyg för att främja utvecklingen av PCK i lärarutbildningen, och forskning visar att det finns en stor potential i detta avseende. Vad avser Big Ideas visar forskning, se t.ex. Nilsson

& Loughran, att en stor utmaning i lärares naturvetenskapliga undervisning är just att formulera Big Ideas för det ämnesinnehåll de ska undervisa. Detta gäller särskilt för grundskolans tidigare år, där såväl lärares ämneskunskaper som trygghet i den naturvetenskapliga undervisningssituationen ofta är begränsade. Det finns också en skillnad i antalet Big Ideas för grundskolans tidigare år och senare år. För de mindre barnen kan antalet Big Ideas minskas och beskrivas på ett mer övergripande sätt.

I de nya kursplanerna i Lgr 11 för NO 1–3, samt fysik, kemi och biologi 4–6 och 7–9 presenteras de naturvetenskapliga ämnena s.k. Big Ideas inom ramen för ämnena syfte och centrala innehåll. En CoRe kan då vara ett utmärkt sätt för lärare att reflektera över sin undervisning inom olika specifika ämnesområden.

Tabell 1.

Ämnesområde:	Big Idea A	Big Idea B	Big Idea C
Vad förväntar du dig att eleverna ska lära sig om just denna specifika kunskap?			
Varför är det viktigt att eleverna vet just detta?			
Vad vet du mer om just denna idé (som du inte anser att eleverna behöver lära sig nu)?			
Vilka svårigheter/begränsningar kan förekomma i samband med undervisningen av det specifika ämnesområdet, dvs. vilka problem kan uppstå i undervisningssituationen?			
Vilken är din kunskap om elevers begreppsuppfattningar/missuppfattningar i ämnet och hur påverkar dessa din undervisning?			
Andra faktorer som kan påverka din undervisning i det här området?			
Vilka undervisningsmetoder ska du använda och av vilken särskild anledning har du valt just dessa metoder?			
På vilka specifika sätt tänker du dig att du ska underlätta elevernas förståelse beträffande dessa idéer?			
Vilka specifika sätt tänker du dig att du ska använda för att ta reda på att eleverna har lärt sig det du förväntat dig att de ska ha gjort?			

Är då PCK ett användbart begrepp? I temanumret för International Journal of Science Education ställer Abell sig denna fråga och hennes entydiga svar är ja. PCK är ett viktigt begrepp för forskare, lärare och lärarutbildare för att försöka analysera och diskutera vad god undervisning i naturvetenskap innebär och vidare kunna använda denna kunskap för att stödja god praxis i skola och lärarutbildning. Däremot lyfter Abell fram två viktiga utmaningar för PCK-forskare. Den första utmaningen är att undersöka vilken effekt en lärares PCK faktiskt har för undervisningspraktiken och för elevers lärande. Den andra utmaningen handlar om att försöka lyfta forskningen från att beskriva PCK till att *förklara* vad PCK innebär. Även Kindt betonar att PCK är ett användbart redskap för att utveckla förståelse för lärares professionella undervisningspraktik.

"Lärarutbildningarna inom naturvetenskap skulle tjäna på att använda PCK mer aktivt, alltså, hjälpa oerfarna och erfarna lärare att förstå vad PCK är och hur kunskap om PCK kan hjälpa dem utveckla och förbättra sin praktik",

För att sammanfatta detta avsnitt vill jag påstå att begreppet PCK är mycket användbart både i skolan och på lärarutbildningen för att diskutera och förstå den ämnesdidaktiska kunskap som är unik för lärare. Denna kunskap har ofta beskrivits som en form av tyst kunskap baserad på erfarenhet, intuition och känsla och som är svår att kommunicera till andra. Genom att använda ett redskap som PCK kan också den ofta tysta kunskap som lärare besitter tillvaratas, artikuleras och kommuni-

ceras. I en tid av nya reformer och en ny lärarutbildning bör Shulmans begrepp därför diskuteras och reflekteras på ett sätt som inte handlar om att enas om en specifik definition utan i stället hjälpa oss att fokusera på hur *innehållet* i skolans NV-undervisning behandlas samt hur detta på bästa sätt kan göras förståeligt för eleverna. Precis som Bishop och Denley antyder var nog inte Shulman säker på konsekvenserna då han, på ett ganska löst sätt, introducerade begreppet PCK. Men nu, cirka 25 år senare, kan vi konstatera att resan har visat sig vara viktigare än själva destinationen. Shulman själv beskriver hur PCK för honom var ett begrepp som skulle få forskare att börja diskutera relationen mellan ämne och undervisning, något som saknats i den tidigare forskningen. För att hitta ett hållbart lärande i naturvetenskap krävs ett större fokus på det innehåll som presenteras i de naturvetenskapliga ämnena och då särskilt på frågorna vad, hur och varför, alla av stor relevans för lärares PCK. Då Shulman i en intervju av Berry, Loughran och Van Driel fick frågan om hur han drygt 20 år senare såg på begreppet PCK svarade han:

"Min avsikt var att uppmärksamma en brist, ett tomrum, och försöka förmå människor att undersöka vad det var som saknades och försöka fylla detta tomrum. ... PCK-begreppet skapade nya idéer och frågor, utformade för att utföra studier kring lärares kunskap."

Att Shulman lyckades med detta råder inga tvivel om.

Lärares lärande – att reflektera över naturvetenskaplig undervisning

John Hattie anser att kollegialt lärande och att lärare beforskar sin egen praktik, t.ex. genom systematisk utvärdering av sin undervisning, är en av de viktigaste framgångsfaktorerna för en förändrad undervisning. De senaste åren har flera sådana exempel på hur lärare utvecklar sin ämnesdidaktiska kompetens, genom systematisk dokumentation och reflektion över den egna undervisningen, framställts i svensk NV-didaktisk forskning, se t.ex. Lager-Nyqvist och Vikström. Aktionsforskning, self-study och learning study, som diskuteras i nästa avsnitt, är några av de metoder som syftar till att utveckla lärares professionella kunskap. Ytterst handlar dessa forskningsmetoder om att läraren ska bli medveten om sin egen undervisning och elevers olika sätt att lära.

Berry gjorde i sitt avhandlingsarbete en self-study där hon redogjorde för olika former av spänningsfält, *tensions*, för att beskriva både en begreppslig ram och ett analysverktyg för att förstå sin egen biologiundervisning. Genom systematisk och målmedveten reflektion av sin undervisning kunde hon identifiera olika problem och därmed reflektera över den kunskap som ligger till grund för hennes undervisning och hennes elevers lärande. Att reflektera över den egna undervisningen förespråkas också av Loughran och Berry som menar att förmågan att vara tydlig med *vad* man gör och *varför* förstärks genom systematisk undersökning av den egna praktiken. På så sätt kan relationen mellan att *veta* och att *göra* göras mer tillgänglig. Även Nilsson betonar att studier av den

egna praktiken ger insikter som kan leda till märkbara förbättringar i praktiken.

I sin self-study formulerade den engelske läraren Joe Senese tre teser som hjälpte honom att på ett djupare sätt reflektera över vad, hur och varför han gjorde det han gjorde. Med hjälp av dessa teser kunde han omsätta sina intentioner med elevernas lärande till sin klassrumspraktik:

- *Go slow to go fast* – Elever måste växa i sin egen fart vilket kräver att vi som lärare måste ge dem tid att acceptera ansvaret för sitt eget lärande. När de väl har accepterat ansvaret för sitt eget lärande kan undervisningen accelerera och gå fortare.
- *Be tight to be loose* – Ju mer frihet eleverna får att konstruera sina egna tankar och handlingar desto mer strukturerade blir de. Vanligtvis skulle man kunna säga att frihet att bygga sitt eget lärande skulle resultera i kaotiska och oförutsägbara sätt utan organisatoriska mål där elever går sina egna vägar. Men tydliga mål för elevernas lärande och en klar och tydlig struktur ger bättre möjligheter att utveckla elevers initiativförmåga.
- *Relinquish control in order to gain influence* – Avstå från kontroll för att kunna påverka. Allt lärande som sker i klassrummet handlar inte om läraren. Läraren kan inte kontrollera elevers lärande, de kan bara påverka det.

Senese beskrev hur han genom att titta djupare på hur han själv undervisade också såg att det som först verkade framstå som fullständigt kaotiskt och utan yttre ramar

faktiskt innehöll olika mönster. Att arbeta med self-study har visat sig vara ett utvecklande sätt att undersöka och lära sig om praxis och samtidigt utveckla möjligheterna för att utforska den egna yrkesrollen.

Oavsett med vilken metod lärare väljer att beforska den egna praktiken är reflektion av erfarenheter ett genomgående verktyg. Redan på 1930-talet beskrev John Dewey betydelsen av reflektion och erfarenhet. "Lärande är en aktiv upptäcktsresa. Ingen kan vare sig upptäcka åt dig eller lära dig något. Du måste vara din egen upptäckare". I en klassrumssituation dyker ständigt nya oklarheter upp och genom att reflektera över dessa situationer kan man hantera liknande situationer på ett mer medvetet sätt i framtiden. Detta resonemang blir också viktigt i diskussionen om relationen mellan teori och praktik, där lärares erfarenheter kan relateras till teorier. Denna relation kan också ge utgångspunkten för reflektion. Teorin tillämpas och förstås genom erfarenheter från praktiken och vice versa. Därför är en medveten reflektion av lärares praktiska (och ofta kollegiala) handlingar central, för att de ska kunna relatera idéer om en viss handling till den respons handlingen får.

Donald Schön menar att den professionella praktikerns kunskap uppstår då de egna handlingarna reflekteras under det att handlingen äger rum, eller efter själva handlingen, *reflection-in-action* och *reflection-on-action*. Undervisning är komplex och det handlar om att kunna hantera situationer och oförutsedda händelser och att fundera över hur man löser problem. Reflektion kännetecknas av ett kritiskt ifrågasättande av såväl ord som handlingar och att tidigare föreställningar och aktiviteter omtolkas. Mikael

Alexandersson beskriver reflektionen som en slags bro mellan tidigare erfarenheter och strävan efter utveckling.

I det inledande avsnittet i denna översikt beskrevs ett ramverk för förändring av lärares praktik där några viktiga villkor för att en individ ska ta emot en ny idé presenterades (t.ex. en ny idé ska vara begriplig, rimlig och fruktbar). Då vi talar om lärares yrkesmässiga grund och hur lärares professionella kunskap utvecklas har flera viktiga faktorer lyfts fram i den didaktiska forskningen:

- Lärare behöver kommunicera och dela med sig av sin ämnesdidaktiska kunskap på ett sätt som inte bara handlar om tips, idéer och undervisningsmetoder utan om vad som gör det lätt och svårt att lära ut ett specifikt ämnesinnehåll.
- Expertis måste delas på sätt som inte alltid tvingar den enskilde läraren att ”uppfinna hjulet själv”.
- Lärare måste bli medvetna om de förmågor och färdigheter de använder för att hantera dilemman och svårigheter i klassrummet för att kunna analysera och utveckla dessa.

För att skapa denna medvetenhet behöver lärare engageras i processer där de stimuleras att reflektera över sin klassrumspraktik.

Learning study – en metod att utveckla elevers och lärares lärande

Forskning visar att det sätt på vilket läraren behandlar innehållet i undervisningen skapar olika möjligheter till lärande. En viktig aspekt i lärares professionella kunskap är att känna till vad det är som gör att elever lär. Ett sätt för lärare att utveckla sin undervisning på ett sätt som också bidrar till elevers kunskapsutveckling kallas *learning study* (för vidare läsning se Holmqvist; Marton; Runesson). Learning study introducerades i Sverige år 2003 och har sedan dess bidragit till ett flertal studier främst inom lärande i matematik. Antalet studier i naturvetenskap är betydligt mer begränsat men bland annat Anna Vikström visade i sin studie av relationen mellan undervisning och lärande i grundskolans tidigare år att elevers möjligheter att utveckla förståelse för komplicerade, biologiska processer har en tydlig koppling till vilket slags undervisning de erbjuds. Även mycket unga elever kan utveckla sin förståelse för tämligen abstrakt naturvetenskap om möjligheterna erbjuds dem.

En learning study utgör en kollektiv lärandeprocess med syfte att åstadkomma en kunskapsproduktion om hur den undervisning som lärare leder återspeglas i elevernas lärande, samt vad som behövs för att skapa de bästa förutsättningarna för detta lärande. I en learning study

synliggörs och prövas antaganden om vad som är mest gynnsamt för elevernas lärande. Detta kan bidra till en ökad kunskap om relationen mellan ämnesinnehåll, undervisning och elevernas lärande.

Med andra ord handlar inte en learning study om ett sätt att implementera läroplaner i skolan och inte heller om att utveckla undervisningsmetoder, utan om att utveckla kunskap om nödvändiga förutsättningar för lärande. Man kan hävda att en sådan process pågår ständigt, att lärare utvärderar och därmed lär sig om sin undervisning och elevernas lärande. Dock ger en learning study utrymme till en systematisk reflektion där den kollegiala lärprocessen är central. Det handlar alltså om att lärarna själva forskar genom att gemensamt planera och utvärdera sin undervisning och då dra nytta av den kollektiva kunskap som finns där. Därför kan en learning study både beskrivas som en forskningsmetod och en modell för kompetensutveckling.

En learning study inleds med att lärarna (vanligtvis två–fyra lärare) tillsammans kommer överens om att studera något som de upplever vara svårt för eleverna. Därefter definieras ett lärandeobjekt. Ett lärandeobjekt kan förklaras som en insikt, en förmåga eller en färdighet som eleven förväntas utveckla under en eller ett par lektioner. Elevernas förkunskaper inom området kartläggs genom ett förtest för att bedöma elevernas kunskapsnivå gällande det valda lärandeobjektet. Förtestet analyseras gemensamt av lärarna, och elevernas kunskapsluckor analyseras för att få fram möjliga kritiska drag av lärandeobjektet.

Lärarna diskuterar vilka svårigheter som eleverna upplever och vad som utmärker ett visst sätt att förstå något,

de s.k. kritiska aspekterna. En kritisk aspekt är alltså vad eleven måste få syn på för att verkligen ha förstått något – det är avgörande för deras lärande. De kritiska aspekterna finner man dels genom att noggrant analysera elevernas lärande före och efter undervisningen, dels genom att studera videoinspelningarna av lektioner och på ett djupare plan uppmärksamma innehållet i undervisningen. Att finna dessa kritiska aspekter innebär alltså att ställa frågor om det som kanske ofta tas för givet, nämligen vad det egentligen innebär att kunna något.

För att möta svårigheter som framkommit i förtestet görs en detaljerad lektionsplanering utifrån analysen, med fokus på lärandeobjektet och de kritiska aspekterna. En av lärarna väljs ut för att genomföra den gemensamt planerade lektionen. Lärarna diskuterar gemensamt hur de ska angripa undervisningen, vilka de kritiska aspekterna är och vad som krävs för att eleverna ska förstå innehållet. Den första av lärarna håller sedan i den första lektionen som videofilmas. Efter lektionen genomförs ett eftertest. Därefter analyserar lärarna tillsammans eftertestet, jämför med förtestet och analyserar skillnaden mellan dessa två. På så sätt kan lärarna bilda sig en uppfattning om vad lektionen har inneburit (eller inte) för elevernas lärande av lärandeobjektet. Testerna utgör alltså ett sätt för lärarna att förstå vad som gör det lätt respektive svårt att lära ett specifikt innehåll. Lärarna tittar gemensamt på den videoinspelade lektionen och analyserar lärarens undervisning och elevernas respons. Genom analysen föreslår lärargruppen förändringar och förbättringar för hur lektionsinnehållet (med fokus på lärandeobjektet) ska behandlas nästa gång lektionen

genomförs (med lärare nummer två). I analysen av lektionen kan lärarna se om det iscensatta lärandeobjektet var det samma som det tänkta lärandeobjektet, alltså om det fanns möjligheter att lära det som var avsikten att undervisa om. Orsaker till att det inte alltid överensstämmer kan vara att lärarna missat något i sin planering, eller att något oväntat händer på grund av att det är många personer som samspekar i ett klassrum. Med utgångspunkt från resultatet i eftertestet planerar lärarna gemensamt lektion nummer två där samma innehåll ska undervisas men med en ny lärare och en ny klass (vars förkunskaper också har testats). Nytt eftertest genomförs efter denna andra lektion och resultaten analyseras igen. Planering och genomförande av lektioner innebär att skapa möjligheter för eleverna att utveckla nya sätt att se eller att uppfatta lärandeobjektet (Marton och Tsui). Learning study-processen är cyklisk vilket innebär att lektionen revideras två, tre gånger beroende på det upplevda lärandeobjektet och avslutas alltid med en dokumentation.

En learning study har flera likheter med *lesson study* som har sitt ursprung i Japan där det är vanligt att lärare besöker varandras lektioner och diskuterar dem. Båda kan beskrivas som kollektiva och cykliska processer och har stora likheter gällande planering, revidering, analys och utvärdering av lektioner. Skillnaden mellan en learning study och en lesson study är att en learning study alltid har lärandeobjektet och elevernas lärande i fokus, medan en lesson study syftar till att utveckla klassrumspraktiken, där fokus kan vara på undervisningsmetoder och organisation lika gärna som elevers lärande (Holm-

qvist, Gustavsson & Wernberg). Learning study har med andra ord ett tydligt fokus på *undervisningsinnehållets behandling*. Bland andra Alexandersson visar att det inte alltid är självklart att det uppmärksammas när lärare reflekterar över vad elever ska lära sig. Det specifika innehållet i undervisningen får ofta en underordnad roll.

Vad som utmärker en learning study är att den (1) är integrerad i det vardagliga arbetet; (2) är fokuserad på ett specifikt kunnande som eleverna ska utveckla; (3) inkluderar systematisk insamling och kollektiv analys av data om elevernas lärande och undervisningen; samt (4) har en teoretisk förankring i variationsteorin. Enligt variationsteorins grundantaganden underlättas förståelsen av ett lärandeobjekt genom att den lärande erfar hur något skiljer sig från något annat. Variationsteorin innebär alltså att lärarna utgår från att eleverna uppfattar begrepp eller fenomen på olika vis beroende på vilka aspekter eleverna urskiljer. Därför blir lärarens uppgift att visa på och erbjuda variation av de aspekter som är kritiska för förståelsen (Holmqvist; Runesson). *Vad* vi lär oss har enligt variationsteorin att göra med de aspekter av innehållet som blir urskilda. Därför måste aspekter, egenskaper eller drag hos det som lärs, erfaras som en dimension av variation. En sådan variation kan individen själv skapa genom att hålla någon aspekt oförändrad och variera andra, men en lärare kan också använda denna princip för att möjliggöra lärande. Variationsteorin föreskriver inte vilken variation som ska skapas eller vilka aspekter som är kritiska för ett specifikt lärande utan detta skiljer sig från fall till fall. Många lärare betonar vikten av att ta en sak i taget och därmed

reducera komplexiteten. Denna uppfattning utmanas av teorin som säger att innebörden av olika fenomen i stor utsträckning bestäms av hur de skiljer sig från varandra. Följaktligen kan det vara bättre att kontrastera saker med varandra och fokusera på skillnaderna dem emellan, än att ta dem en åt gången. Det som avses är en av de nödvändiga förutsättningarna för att erfaras och förstå ett specifikt innehåll där det finns en variation av olika sätt att erfaras innehållet (lärandeobjektet). På så sätt kan lärare genom att variera lärandeobjektets kritiska aspekter och göra det möjligt för den lärande att urskilja dessa, öka elevernas möjligheter för lärande.

Syftet med en learning study är alltså att förbättra undervisningen för att eleverna ska nå måluppfyllelse av det lärandeobjekt studien avser. Frågor som diskuteras i en learning study är: Vad vill vi att eleverna ska förstå? Vilka kunskaper eller förmågor ska de visa? Vad innebär det att kunna något? Hur ska innehållet presenteras för att skapa bästa möjligheter till lärande? Lärarna måste alltså utveckla kunskap om nödvändiga villkor för elevers lärande och diskutera hur lärande går till och om varför en undervisningssituation ger bättre resultat än en annan. Med andra ord fokuserar en learning study både på elevers och på lärarnas lärande. Kärnan i en learning study är den kollektiva kunskapsbildning som skapas då lärare reflekterar tillsammans och delar med sig av kunskap och erfarenheter. Genom att flera lärare deltar och t.ex. analyserar video från undervisning, får man som enskild lärare också hjälp att se aspekter i den egna undervisningen, som man inte sett innan. Ett praktiskt exempel på detta beskrivs i nästa avsnitt.

Att förstå relationen mellan en atom och en jon – learning study i naturvetenskap

Hur kan lärares PCK (uttryckt som en kunskap om vad som är nödvändiga villkor för att åstadkomma ett specifikt lärande hos eleverna) utvecklas genom att de deltar i en learning study? Detta var en av de specifika forskningsfrågorna som ställdes i ett forskningsprojekt som startade våren 2010. I detta avsnitt beskrivs några exempel från en de fyra lärargrupper som medverkade i projektet.

Under våren 2011 deltog tre högstadielärare i en learning study där lärandeobjektet formulerades till ”att förstå begreppet jon”. Eleverna gick i årskurs åtta och hade tidigare undervisats om atomen och atomens uppbyggnad men ännu inte om begreppet jon samt hur dessa bildas. Vid det första mötet i början av terminen diskuterade lärarna (tillsammans med en forskare) lärandeobjektet samt vilka aspekter som är kritiska för att förstå jonbegreppet. I diskussionerna kom lärarna fram till ett flertal aspekter som identifierades som avgörande för elevernas förståelse för objektet. Bland annat behöver eleverna förstå hur en jon skiljer sig från t.ex. en atom vilket också ledde dem in på atomens uppbyggnad – elementarpartiklarnas laddning och vad det innebär att vara ”neutral”, ”positiv” och ”negativ”, principen för periodiska systemets uppbyggnad, att elektroner befinner sig på olika energinivåer/skal och att drivkraften vid jonbildning är att bilda en ädelgasstruktur. Lärarna diskuterade olika sätt att presentera lärandeobjektet och man reflekterade över såväl undervisningsmetoder som olika aspekter av vad som gör det lätt respektive svårt

att lära. Med utgångspunkt i variationsteorin var lärarna överens om att för att förstå vad en jon är måste eleverna uppleva och erfara skillnaden mellan en atom och en jon och även vad en jon inte är. I citatet nedan resonerar två lärare (L1 och L2) om vilka de kritiska aspekterna är för att lära sig relationen mellan en atom och en jon:

L2: Om vi tänker på joner och atomer, man kan inte förklara vad en jon är om man inte vet vad en atom är och vilka partiklar som finns i en atom. Vi har egentligen bara ett lärandeobjekt och vi kan angripa det från olika håll. Man måste förstå atomers uppbyggnad. Man kan inte prata om joner utan att prata om atomer och man kan inte prata om atomer utan att ha förståelse för partiklarna, elektroner och protoner. Det viktiga är ju att de ser skillnader och samband mellan en jon och de andra begreppen som är kritiska för att förstå detta... t.ex. atomen.

L1: Och egentligen kan man ju inte prata om det här utan att prata om det periodiska systemet. Varför blir den minus och den plus, skillnaderna och sambanden liksom.

Ett exempel kopplat till undervisningen blir då att både en jon och en atom har en kärna av protoner och neutroner, de har båda elektroner som kretsar runt kärnan men skillnaden mellan dessa två fenomen är att antalet elektroner varierar.

Utifrån de identifierade kritiska aspekterna gjordes sedan ett förtest som eleverna skulle fylla i före lektionen. Detta test rättades sedan och lärarna, tillsammans med forskaren, identifierade hur eleverna upplevde lärande-

objektet samt vad som gjorde det svårt för dem att förstå. Bland annat blev det en viktig iakttagelse för lärarna att eleverna hade svårigheter att skilja på begreppen ämne och grundämne. Likaså hade de svårt att se sambandet mellan atom, molekyl och grundämne. Men utgångspunkt i förtestet planerades sedan den första lektionen (som belyste atomens uppbyggnad, periodiska systemet samt hur atomer bildar joner och olika former av joner). I planeringen av lektionen resonerade lärarna om olika sätt att i undervisningen visa hur joner förekommer i olika sammanhang men där begreppets innebörd hålls konstant. Under lektionen talar läraren också om periodiska systemet och hur olika grundämnena är strukturerade i grupper och perioder samt skillnaden mellan dessa.

Tabellen nedan beskriver frågorna (1–6) i förtestet, vad som ska finnas med för att elevens svar ska klassas som rätt samt resultaten för lärare ett (L1), lärare två (L2) och lärare tre (L3). Som kan avläsas i tabellen nedan hade sex elever av 24 rätt på fråga ett vid förtestet och 15 av 24 elever svarade korrekt i eftertestet. Vad som också då framträder i tabellen nedan är att samtliga tre lärares elevgrupper presterar sämre resultat efter lektionen vad avser relationen mellan ämne och grundämne.

Tabell 2. Resultat för- och eftertest

Fråga	Ska finnas med i svaret	Förtest			Eftertest		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3
1. Vad tänker du på när du hör ordet atom?	Atomens uppbyggnad, elementarpartiklarnas laddning	6/24	3/17	4/16	15/24	5/17	11/16
2. Vad tänker du på när du hör ordet jon?	Laddad atom, positiv eller negativ laddning	4/24	2/17	0/16	14/24	2/17	11/16
3. Titta på periodiska systemet. Vilken information kan du utläsa?	Ger information om antal protoner, elektroner, grupper, perioder...	0/24	2/17	0/16	14/24	5/17	13/16
4. Varför ser periodiska systemet ut som det gör?	Logik som bygger på atommodellen, ämnens olika egenskaper	0/24	1/17	0/16	10/24	4/17	5/16
5. Vad tror du att det är som gör att ämnen reagerar med varandra?	Uppnä ädelgasstruktur, stabilitet i elektronskalen...	2/24	1/17	1/16	10/24	1/17	9/16
6. Hur många ämnen tror du det finns runt omkring dig?	Oändligt många. Det är en skillnad mellan grundämne och ämne	15/24	11/17	6/16	10/24	10/17	2/16

Det faktum att elevernas förståelse för hur många ämnen som finns runtomkring oss gick ned efter undervisningstillfället fick lärarna att sätta fingret på en viktig aspekt i den naturvetenskapliga undervisningen, nämligen att även tydliggöra skillnaden mellan ämne och grundämne:

L1: Från början tänker de logiskt, men sedan när man har pratat om det skriver de en del av vad de har hört.

L3: Vi har ju ändå pratat om att det finns oändligt antal ämnen, men de har en målfokusering på periodiska systemet.

Läraren menar här att eleverna verkar kunna tänka mer logiskt och ”fritt” innan lärarna undervisat dem om periodiska systemet. Efter lektionstillfället svarar flera elever att det finns 106 ämnen runtomkring oss. Deras associationer går till de ämnen som finns listade i det periodiska systemet. Innehållets behandling har alltså fått en annan innebörd än den som lärarna förväntat.

Ett annat exempel på hur lärarna genom learning study görs medvetna om vad som gör det lätt respektive svårt för elever att lära sig förstå begreppet jon visas i den andra lektionen. När lärarna analyserar videon från lektionstillfället blir de medvetna om att flera elever tror att atomens elektronskal skyddar atomens kärna precis på samma sätt som ett bananskal skyddar själva frukten. Denna uppfattning blir synlig när en av eleverna ställer frågan om vad skalet är gjort av. Lärarna noterar denna uppfattning genom filmen och ännu en aspekt som gör det svårt att lära lyfts fram, något lärarna benämner som

”upptagna ord”. Om innebörden av ett ord är olika i olika sammanhang verkar eleverna få svårare att ta till sig detta ord. Ett ord kan associeras till något det inte representerar. Lärarna för ett resonemang om hur de ska uttrycka det, skal eller energinivåer:

L2: Att skalen skulle vara som ett skal har jag aldrig tänkt på.

L3: Det är vad man har för associationer till det. Där kommer deras tidigare erfarenheter in.

L2: Skal vet de redan vad det är, så då kanske bana är bättre, eller t.o.m. orbital eller energinivå. Det är inga upptagna ord.

Kunskapen från förtestet om att elever har svårt att förstå hur antalet elektronskal också har en inverkan på atomens benägenhet att reagera, leder dem till att i lektionen synliggöra skillnaden mellan ämnen med samma antal valenselektroner men med olika antal elektronskal. Detta gör de genom att lägga litium, natrium och kalium i vatten och låta eleverna resonera (med utgångspunkt från periodiska systemet) vad som skiljer de olika ämnena åt. I sina resonemang kommer eleverna fram till att antalet elektronskal varierar men att alla har bara en elektron i det yttersta skalet. Eleverna kommer också fram till att ämnena befinner sig i samma grupp men i olika perioder, något som har betydelse för reaktionsbenägenheten. När lärarna analyserar situationen diskuterar de också olika sätt att variera innehållet, att angripa atomens uppbyggnad från olika håll, beroende på vilka aspekter eleverna

urskiljer. Atomens uppbyggnad kan också närmas utifrån ett historiskt perspektiv där fenomenet ”odelbar” problematiseras.

Ett genomgående resultat i projektet är hur lärarna visar på insikten att endast små variationer i undervisningen och elevers sätt att urskilja aspekter av lärandeobjektet gör stor skillnad i elevernas lärande. Det kan handla om att lärarna i undervisningssituationen förtydligar relationer mellan begreppen eller genomför praktiska moment för att illustrera skillnaderna mellan olika energinivåer (t.ex. så som att lägga litium, natrium och kalium i vatten). Undervisning i naturvetenskap handlar ofta om att eleverna ska lära sig delarna innan de dessa sätts ihop till en helhet. Detta kan till stor del ha att göra med ämnets logik, dvs. fenomen beskrivs av begrepp som alla kan ha en komplex innebörd. En viktig insikt i denna learning study är dock att elevernas logik inte är densamma som ämnets logik. Det handlar om att man presenterar begreppen för sig eller tillsammans, att fokusera på olika aspekter av innehållet och inte bara på en aspekt i taget. Detta belyste en av lärarna i den avslutande intervjun då hon sade:

”Jag förstår inte varför vi går igenom atomen i sexan, jonen i åttan och sedan sparar periodiska systemet till nian. Då har ju inte eleverna en chans att se hur allt hänger ihop.”

Att delta i en learning study har upplevts mycket positivt av lärarna. Som avslutning på detta avsnitt om learning study vill jag citera en av högstadielärarna i en avslutande reflektion:

”Jag tycker att projektet är oerhört givande och utmanande för mig som pedagog och utan tvekan den bästa kompetenshöjare och fortbildning som jag någonsin fått under mina nio år som lärare. Det är så spännande att angripa olika lärandeobjekt från olika vinklar för att förenkla och öka elevernas lärande i så stor utsträckning som möjligt. Jag tycker att vi nu lyckats att förstå hur vi får fram kritiska aspekter, hur vi ska avgränsa oss samt hur vi ska angripa objekt. Det är helt ovärderligt att kunna diskutera pedagogik, didaktik och ämnesinnehåll med kollegor. Jag känner mig lyckligt lottad att få vara del av detta projekt och skulle rekommendera varje lärare som får möjligheten att kliva på ett sådant tåg att ta denna chans.”

Att vara elev i det naturvetenskapliga klassrummet

De tidigare avsnitten i denna kunskapsöversikt har till stor del belyst skolan och ett lärar- och undervisningsperspektiv. Nästa del av översikten fokuserar tydligare på eleven. I en tid då läroplansreformer och nya kursplaner i naturvetenskap håller på att implementeras är det relevant att ställa sig frågan om *varför* vi ska undervisa naturvetenskap i skolan. Sjöbergs argument och Roberts emfaser belyser just denna fråga. Visst behövs en viss andel naturvetare och tekniker men det svarar inte på frågan om varför alla elever ska lära naturvetenskap. Sjöbergs två sista argument (demokratiargumentet och kulturargumentet) har mest bäring då ungdomar ställer sig frågor om livet och universum men inte nöjer sig med enkla svar. Samhället och eleverna står inför många vägval kring miljö och en hållbar utveckling så därför framstår demokratifrågan som mycket central. Wickman och Persson belyser det moraliska argumentet och menar att en undersökande och kritisk hållning är en del av naturvetenskapen.

Trots att ämnesdidaktisk forskning under de senare åren har belyst såväl klassrumsforskning som forskning om elevers attityder till och intresse för naturvetenskap, se t.ex. Oscarsson, Jidesjö, Strömdahl & Karlsson; Lindahl; Schreiner & Sjöberg, visar den senaste PISA-rapporten

att svenska högstadielävers intresse för och kunskaper i de naturvetenskapliga ämnena har försämrats i jämförelse med flera andra länder. Lärare möter ofta ett ointresse hos eleverna då undervisningen ofta upplevs som svår och framför allt inte meningsfull. Flera studier, såsom TIMSS 2007, pekar på att den naturvetenskapliga undervisningen inte anknyter till elevers verklighet och att eleverna inte alltid ser relevanta tillämpningar. En majoritet av eleverna i årskurs fyra vill enligt TIMSS 2007 ha mer NV-undervisning vilket visar på det faktum att de yngre elevernas intresse för naturvetenskap fortfarande är stort. Men trots att en del elever gillar de naturvetenskapliga ämnena ser många inte deras betydelse för att hantera de problem de möter i sitt dagliga liv. En brist på engagemang syns tydligt i olika former av attitydundersökningar både i grundskolan och i gymnasieskolan. "Problemet" ser lite olika ut för grundskolans tidigare år och högstadiet och gymnasiet. Bland annat TIMSS 2007 och skolinspektionens rapport *Fysik utan dragningskraft* visar att fysikämnet undervisas i mycket liten grad i grundskolans tidigare år. I slutändan formas elevernas attityder till och lärande av naturvetenskap av hur det presenteras i klassrummet. Den engelske forskaren Guy Claxton illustrerar detta med hänvisning till en ung flicka som beskrev skillnaden mellan den naturvetenskap hon upplevde i låg- och mellanstadiet och den på högstadiet:

"Naturvetenskapen i skolans tidigare år var som att sitta i ett litet plan som flyger över ett stort öppet ökenlandskap. Du kunde landa var som helst för att ta en titt och utforska

ett tag. Det fanns en mening i det vi gjorde och det spelade inte någon större roll var du landade för det var själva utforskandet som var viktigt, inte så mycket vad du hittat. Naturvetenskapen på högstadiet, å andra sidan, var som att åka ett tåg med vagnar med mörka fönster där du inte kunde se ut. Tåget gick endast i en riktning vilken inte kunde påverkas. Tåget stannade vid olika stationer och du var tvungen att kliva av, oavsett om du ville eller inte. Du förväntades också vara uppmärksam på vad föraren sagt även om du inte alls var intresserad. Då du hoppat på tåget igen åkte det vidare till nästa station – men eftersom fönstren var ogenomskinliga och du kunde inte se landsbygden där utanför så visste du inte heller hur de olika stationerna var relaterade till varandra. Uppenbarligen var du på en resa med ett specifikt mål men endast föraren verkade veta vad det var. Värst av allt var känslan av att du förväntades veta vart du var på väg trots att du inte fått någon vägvisning. Så det fanns en risk att du skulle komma att tro att det var ditt fel att du inte förstod syftet med resan.”

Avsaknaden av syfte och mål för den naturvetenskapliga undervisningen som flickan beskriver visar på ett tydligt behov för lärare – och politiker – att stanna upp och reflektera över i vilken riktning skolans naturvetenskap är på väg. Här kan också den NV-didaktiska forskningen bidra med kunskap om vad som påverkar elevers attityder till naturvetenskap i skolan. För att motivera elever till att välja naturvetenskap och teknik är många forskare överens om att undervisningen måste förändras så att dessa ämnen upplevs som mer intressanta.

Vad tycker då eleverna om naturvetenskapen?

Att naturvetenskapen måste göras meningsfull för eleverna betonas även i ROSE-projektet (Relevance of Science Education). I ett nationellt sammanhang är de svenska studierna och analyserna särskilt intressanta. Bland annat i artikeln *Science for all or science for some* skriver Magnus Oscarsson, Anders Jidesjö, Karl-Göran Karlsson och Helge Strömdahl att de elever som valt naturvetenskapliga eller tekniska program till gymnasiet har andra åsikter om grundskolans naturvetenskap än elever som valt andra gymnasieprogram. Det är i linje med den internationella diskussionen om att NV-undervisningen riktar sig till dem som ska fortsätta att studera och uppfyller inte syftet att rikta sig till alla. Resultat från ROSE-projektet visar också att lärare ofta vet vad som intresserar eleverna, men när de planerar sin undervisning utgår de ifrån andra aspekter. Frågor om lärares urval och elevinflytande, vad skolan är till för, ställs därmed på sin spets. Ett anmärkningsvärt resultat är att kursplaner inte alls verkar vara grund för lärarnas urval när de planerar sin undervisning. En annan intressant aspekt handlar om att yngre elevers intressen skiljer sig ifrån de äldres och är mer orienterade mot det som vi ibland kallar ”grundläggande fakta”. Detta innebär till exempel att en del av det innehåll som undervisas i högstadiet, som eleverna inte vill ha där, som blom-mors uppbyggnad, träd, namn på löv osv, efterfrågas av de yngre. Även detta resultat är i linje med internationell forskning och väcker frågor om innehållets utveckling och arbetet med övergångar mellan olika stadier och skolformer. En viktig reflektion i detta sammanhang

handlar då om när man är ”redo” för olika naturvetenskapliga begrepp. Idag finns flera exempel på hur man med framgång introducerat periodiska systemet på mellanstadiet som ett sätt att för eleverna skapa en bild av hur materia är uppbyggt. Kanske skulle även alkanserien kunna introduceras i grundskolans tidiga år.

På en ”tio i topp”-lista över de områden som elever i högstadiet rankar som mest intressant framkommer tydligt att elevers rankning och vad lärarna tror att eleverna är intresserade av inte stämmer överens.

Tabell 3.

Tio i topp elever (15 år)	Plats av 108 totalt som läraren rankar området
1. Hur man ska träna för att kroppen ska bli frisk och stark.	65
2. Hur det känns att vara tyngdlös i rymden.	73
3. Möjligheter till liv i rymden.	38
4. Varför vi drömmer när vi sover och vad drömmarna betyder.	101
5. Hur narkotika av olika slag påverkar kroppen.	16
6. Hur alkohol och tobak påverkar kroppen.	5
7. Vad man ska äta för att må bra.	20
8. Vad vi vet om hiv/aids och hur man kontrollerar sjukdomen.	30
9. Första hjälpen och att använda enkel medicinsk utrustning.	61
10. Fenomen som vetenskapen ännu inte kan förklara.	53

Ett viktigt resultat är att en väsentlig del av det innehåll som undervisas i årskurs nio inte är i linje med vad eleverna vill lära sig. Lärare i naturvetenskap prioriterar innehåll som atomer och molekyler, växthuseffekten, hur ögat kan se och hur örat kan höra, hur människor, djur och växter är beroende av varandra, hur kemikalier reagerar och ozonskiktet. Allt detta ligger långt ifrån elevernas tio i topp lista. Sammanfattningsvis bör sägas att när det handlar om naturvetenskapens specifika innehåll finns nästan ingen överensstämmelse mellan vad eleverna tycker är intressant och vad lärarna fokuserar på i sin undervisning. Poängen med dessa studier är inte att eleverna ska bestämma skolans innehåll utan om att utifrån en empirisk grund visa att skolans undervisning i stort rör sig i en tradition som ligger utanför ungdomskulturen. Samtidigt är alla elever intresserade av att lära sig innehåll i naturvetenskap och teknik, men mycket av det innehållet ingår inte i skolans traditioner. Det finns således en större volym forskning som visar att frågor om samhällsutveckling och ungdomskultur i relation till utbildningens funktion är avgörande för att få innehållet att fungera bättre i mötet med kommande generationer. Samhällsperspektivet har fått en viktig roll i de nya kursplanerna för både fysiken, kemin och biologin.

Även Skolinspektionens rapport *Fysik utan dragningskraft* som belyser att fysikundervisningen inte bedrivs på ett sätt som gör det möjligt för eleverna att utveckla alla de kunskaper och förmågor som den nationella kursplanen föreskriver styrker detta. Rapporten visar på att ett stort problem i skolorna är att lärarna inte tar reda på eller tar hänsyn till vad eleverna är intresserade av i fysik.

Många elever anser att de inte kan påverka arbetssätt eller arbetsformer i fysikundervisningen. Majoriteten av lärarna möter inte varje elev på rätt nivå, utan genomför undervisningen utifrån en slags medelnivå för undervisningsgruppen och kopplar sällan innehållet till elevernas vardag. Att knyta an undervisningen till elevernas egen vardag och visa hur kunskapen kan användas praktiskt bidrar till att skapa meningsfulla situationer för lärande. Men trots betydelsen av att eleverna ser naturvetenskapen som meningsfull behöver vardagsanknytningen problematiseras. Maria Andrée visade att användningen av vardagsanknutna problem i skolans NV-undervisning kan öppna för en rad olika svårigheter. Elever har svårt att urskilja vad som kan ses som naturvetenskapligt intressant i en vardagligt, samhällsinriktad, formulerad fråga men också att urskilja vad som kan ses som väsentligt i relation till det moment som de arbetar med i undervisningen. Forskning visar också att elevers egna upplevelser av hur de lär sig bäst till stor del inte stämmer överens med det sätt som läraren undervisar på, något som också påverkar elevers motivation och lust att lära.

Vilken roll spelar skolan, undervisningen och läraren för elevers intresse för naturvetenskap och teknik? För att besvara denna fråga följde Britt Lindahl en grupp på 80 elever från årskurs fem till nio. Syftet med hennes studie var att ta reda på hur eleverna upplevde undervisningen i naturvetenskap och teknik, hur deras intresse för ämnena utvecklades och förändrades samt hur andra faktorer som kön, förmåga och social bakgrund, kan ha påverkat deras val av program till gymnasieskolan. Resultaten visar en tydlig nedåtgående trend vad avser

intresset för naturvetenskap och teknik mellan årskurs fem och årskurs nio.

Många av eleverna i Lindahls studie ansåg att laborationerna är det som gör NV-undervisningen intressant och spännande, men samtidigt förstår inte alla själva syftet med laborationen. Detta visade sig bland annat i en laboration om hur man identifierar syror och baser med olika indikatorer, där mer än hälften av eleverna sa att de hade lärt sig göra olika färger. Eleverna tyckte också att de naturvetenskapliga ämnena var mer auktoritära och att de hade mindre inflytande på undervisningen än i andra ämnen. Lindahl menar också att elevers erfarenhet av naturvetenskap från grundskolans tidigare år till stor del handlar om någon enstaka temadag. Detta resulterar i att många elever tror att det är sådan naturvetenskapen är, något som dyker upp under en heldag per termin och då utgörs av ett smörgåsbord av roliga experiment. Den naturvetenskap som dyker upp under den senare delen av grundskolan blir då ny och främmande och upplevs ofta som abstrakt, svår och tråkig.

Aikenhead försöker i sin artikel *Science education: border crossing into the subculture of science* ge en förklaring till varför många elever har negativa erfarenheter av naturvetenskap. Han menar att eleverna uppfattar naturvetenskapen som en värld som är helt eller delvis skild från elevens egen värld. Eleverna måste passera en kulturell gräns, *border crossing*, för att kunna tillgodogöra sig den naturvetenskapliga undervisningen. Speering och Rennie identifierade ett antal samverkande faktorer som påverkar elevers attityder till naturvetenskap. En av dessa var att kursplaner och styrdokument inte alltid till-

låter flexibilitet för att skraddarsy den naturvetenskapliga undervisningen till de enskilda elevernas behov. Detta kan sättas i kontrast till svenska förhållanden där den kritik som riktats mot kursplanerna i Sverige är att de givit för stort friutrymme.

Jonathan Osborne och Sue Collins beskrev i sin studie att elever ofta ansåg att naturvetenskap handlade om rätt eller fel, utan utrymme för kreativitet eller tid att diskutera eller reflektera. De påstår att denna aspekt av skolans naturvetenskap är ett svar på en "överfull" kursplan där eleverna skyndar från ett område till ett annat utan tid för att stanna upp och reflektera över vad de just har lärt sig. De fann också att elever mycket ofta anser skolans naturvetenskap som irrelevant och inte meningsfull eftersom lärare alltför sällan kopplar naturvetenskapen till elevers vardag. Den engelska kontexten kan sättas i kontrast till den diskussion som förts om de svenska kursplanerna (Lpo 94) där lärare har efterfrågat ett tydligare innehåll.

Strömdahl beskriver också att många elever upplever skolans NV-undervisning som långt ifrån verkligheten. Han menar att matematiska formler introduceras för eleverna som färdiga produkter och inte som något som växer fram från kvalitativa resonemang om verkliga föremål som till slut resulterar i en modell med fysiska storheter som variabler. Detta leder till att eleverna upplever formler som trista, tråkiga och utan verklighetsförankring i stället för regler och modeller som vi människor konstruerat för att förklara den verklighet vi ser.

Att innehållet i skolans naturvetenskap behöver problematiseras för att på ett bättre sätt tillgodose elevers

intressen råder ingen tvekan om. Aikenhead visade i en studie år 2005 att intresset för naturvetenskap ökar då eleverna arbetar med verklighetsanknutna frågor. I detta sammanhang utgår man inte från naturvetenskapliga begrepp som förklaras och exemplifieras utan tar istället sin utgångspunkt i autentiska samhällsfrågor och som för sin lösning också förutsätter naturvetenskaplig kunskap. Studier av undervisning med denna utgångspunkt visar att eleverna tycker att frågorna är intressanta, gärna diskuterar värderingar, men har svårt att ta till sig det naturvetenskapliga innehållet, se Aikenhead; Ratcliffe & Grace. I nästa avsnitt följer en kort översikt av de ämnen som i engelskan benämns *scientific literacy* och *socio-scientific issues* (som också kan relateras till Roberts Vision II som beskrivs i kapitel två) och som de senaste åren har kommit att bli ett område där naturvetenskapen sätts i ett samhällsperspektiv.

Naturvetenskap som allmänbildning och samhällsfråga (Socio-scientific issues)

Mer eller mindre alla samhällsfrågor har ett naturvetenskapligt innehåll, t.ex. hälsa, energi och miljöfrågor. Det innebär att naturvetenskapen framställs som något alla behöver i ett demokratiskt samhälle. Detta fångas upp i dagens kursplaner Lgr 11 som betonar en mer allmänbildande syn på naturvetenskap. I syftet för kursplanen i fysik anges att eleven ska utveckla en förmåga att ”använda kunskaper i fysik för att granska information, kommunicera och ta ställning i frågor som rör energi, teknik, miljö och samhälle”. Denna samhällsriktade syn, i engelskan kallad *socio-scientific issues*, på naturvetenskap har i den internationella forskningen utvecklats under de senare åren. Ett exempel på socio-scientific issues kan vara om det ska vara tillåtet att modifiera grönsaker eller att använda stamceller från foster i den medicinska forskningen. Ett annat kan vara hur sex och samlevnad, kärlek och relationer ska behandlas i undervisningen. För att elever ska kunna diskutera, argumentera och ta ställning i frågor som rör naturvetenskap måste de också ha kunskaper i de naturvetenskapliga ämnena. Att använda samhällsperspektivet som en ingång i naturvetenskaplig kunskapsbildning har på flera håll visat sig vara framgångsrikt.

De engelska forskarna Mary Ratcliffe och Marcus Grace definierar socio-scientific issues som frågor med naturvetenskaplig bas och potentiellt stor betydelse för samhället. Områden som belyses i detta sammanhang kan ofta vara kontroversiella och involvera värderingar och etiska resonemang där ”rätt svar” ofta saknas. Enligt Ratcliffe och Grace ger sådana frågor eleverna möjligheter att pröva olika perspektiv och att utveckla insikter om naturvetenskapens möjligheter och begränsningar.

I antologin *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat* skriver Piotr Szybek om skolans avgörande roll i att bygga upp det moderna samhället. Enligt Szybeck kan denna roll beskrivas som en alfabetisering med den engelska motsvarigheten *literacy*. Skolans uppgift är att ge människor de naturvetenskapliga verktyg de behöver för att själva hantera problem i vardagen. Detta kan jämföras med Sjöbergs nyttoargument där naturvetenskapliga kunskaper krävs för att hantera praktiska moment i dagens samhälle. Australiensiska skolor har under de senaste åren alltmer börjat diskutera hur *scientific literacy* kan integreras i undervisningen, se Nilsson. I det svenska språket har vi ingen bra definition för detta begrepp men naturvetenskaplig allmänbildning eller medborgarkunskaper ligger nära till hands. Enligt Stephen Norris och Linda Phillips från Kanada betyder *scientific literacy* att kunna förstå, tolka, analysera och kritisera naturvetenskapliga texter samt att granska de argument som förs fram. *Scientific literacy* bygger på det faktum att elever måste kunna se sambandet mellan naturvetenskap och världen omkring dem, hitta vägar att söka och värdera information och sedan använda infor-

mationen på ett lämpligt sätt. För att kunna fatta välgrundade beslut i frågor som rör naturvetenskap behöver elever kunskap om och i naturvetenskap i sammanhang utanför klassrummet, dvs. i världen omkring dem.

Rennie beskriver begreppet scientific literacy som ”knowing science as a way of thinking, finding, organising and using information to make decisions”. En person som enligt Rennie skulle vara *scientific literate*, dvs. naturvetenskapligt allmänbildad, skulle därmed vara intresserad av och förstå världen omkring sig, fatta kloka och välgrundade beslut i frågor som rör t.ex. miljö, sin egen hälsa och välmående, vara kritisk och ifrågasättande till påståenden med ett naturvetenskapligt innehåll, ha en förmåga att identifiera frågeställningar, undersöka och göra evidensbaserade påståenden samt vara engagerad i samtal om och i naturvetenskap. Rennie beskriver detta med en modell där hon sätter den naturvetenskapligt allmänbildade personen i mitten och det som kännetecknar en sådan person i olika boxar runt omkring (se figur nästa sida).

En naturvetenskapligt allmänbildad person är intresserad av och förstår världen omkring sig; engagerar sig i kommunikation om och i naturvetenskap; är skeptisk till och ifrågasätter andras naturvetenskapliga påståenden; kan identifiera frågor, undersöka och dra evidensbaserade slutsatser och göra välgrundade ställningstaganden om sin omgivning och den egna hälsan och välmåendet.

Det handlar alltså om att utveckla en form av handlingsberedskap för att kunna leva i, kommunicera samt argumentera i den värld som omger oss. Att arbeta med scientific literacy i sin NV-undervisning kan alltså fungera



Scientific Literacy – En definition

som ett paraply för all annan undervisning. Läs- och skrivutveckling, samhällsfrågor och kommunikation kan tränas genom att eleverna läser olika artiklar och texter med någon form av naturvetenskapligt innehåll. Undersökande arbetssätt, argumentation och kommunikation tränas genom resonemang och experiment.

Vilka bevis finns då för att elever verkligen lär bättre om man arbetar med frågor som berör scientific literacy och socio-scientific issues. Flera forskare, se t.ex. Aikenhead; Rennie m.fl., visar på att eleverna utvecklar en positivare attityd, en ökad motivation och en ökad förmåga att tillämpa den naturvetenskapliga kunskapen i

ett större sammanhang. I en nyligen publicerad artikel diskuterar Rennie tillsammans med sina kollegor Grady Venville och John Wallace begreppet *integrerad naturvetenskap* och beskriver denna vara i linje med Roberts Vision II. Då de diskuterar Roberts Vision II och betydelsen av ett samhällsperspektiv på den naturvetenskapliga undervisningen använder de sig av en kraftmetafor med centripetalkraft och centrifugalkraft. Centripetalkraften pressar eleven inåt mot vetenskaplig fakta och centrala begrepp och centrifugalkraften pressar eleven utåt mot samhället och livet runt omkring dem. Forskarna argumenterar i artikeln för att det ska finnas en balans mellan dessa krafter där både disciplinär och faktabetonad kunskap (Vision I) och integrerad och samhällsfokuserad kunskap (Vision II) ska inkluderas. Om eleven ska kunna förstå frågor med naturvetenskaplig bas och med stor betydelse för samhället måste de samtidigt ha en stadig grund i den naturvetenskap som används. Å andra sidan, om eleverna ska utveckla dessa grundläggande baskunskaper måste dessa ramas in och presenteras på ett sätt som blir attraktivt och meningsfullt för eleven. Att finna denna balans är viktigt för att stimulera elever att såväl intressera sig för som bygga en bestående förståelse för naturvetenskapen i världen runt omkring dem.

Principer för undervisning i naturvetenskap – vad säger forskningen?

Intresset för så kallad designforskning och utvärdering av *teaching-learning sequences* har vuxit i Europa under de senaste 20 åren. Kännetecknande för denna forskningsgren är att forskare och lärare arbetar tillsammans med att utveckla undervisning där både läraren och forskaren bidrar till undervisningens design. Designforskningen har ambitionen att direkt utveckla undervisningen och leder därför till produkter såsom lärarhandledningar och studiematerial för elever som direkt kan påverka och utveckla undervisningen. Flera exempel på denna forskning kommer från Göteborgs universitet som utvecklat en egen modell för designforskning inom det naturvetenskapliga området, se Andersson. Men trots att debatten runt undervisning många gånger stannar vid att undervisning reduceras till olika former av undervisningstips som är lätt överförbara i klassrummet är det inte att förringa att undervisningens komplexa karaktär ställer höga krav på läraren.

Att undervisa är en utmaning och precis som tidigare belysts i denna översikt kan NV-läraren ibland tvingas brottas med elevers vikande intresse, upplevelsen av att fenomen och begrepp är abstrakta och svåra och att

kunskapen inte alltid upplevs som meningsfull. Undervisningen ses ofta som överföring av kunskap. Men undervisning handlar inte om kunskapsöverföring utan om en strävan att hitta effektiva sätt att utveckla elevers lärande. Hur undervisas då naturvetenskap på ett sätt som gör att eleverna dels förstår och dels tycker att innehållet är intressant, spännande och meningsfullt? Många gånger reduceras så kallad undervisningskunskap till en förmåga att hålla intressanta lektioner med spännande demonstrationer och ett aktivt experimenterande bland eleverna. Diskussionen (se även det tidigare avsnittet om PCK) kretsar ofta runt hur innehållet ska presenteras och transformeras till eleverna på ett sätt som gör att eleverna också skapar kunskap. Inte lika ofta talas om hur elever uppfattar det naturvetenskapliga innehållet samt vad som gör det lätt eller svårt att lära.

Detta kan tyckas vara ett ganska oproblematiskt sätt att se på elevers lärande, där kunskap överförs från lärare och experiment till eleverna i klassrummet, där läraren är aktiv och eleverna är passiva. Att undervisa naturvetenskap handlar till stor del om att klargöra ett ämnesområde, arbeta med olika former av demonstrationer, laborationer och experiment och att vidare kunna använda naturvetenskaplig kunskap för att förklara lösningar på problem. Efter det att teorin om *conceptual change* (begreppsförändring) lanserades med Posner och hans kollegors artikel 1982, kom många forskningsprojekt som behandlar relationen mellan lärares undervisning och elevers vilja att lämna en tidigare mindre utvecklad föreställning till förmån för en föreställning som mer överensstämmer med den vetenskapligt vedertagna. För

att gå tillbaka till det ramverk som inledde denna översikt menar Posner och hans kollegor att för att förändra elevers tänkande runt vissa fenomen (ackommodation) ska läraren:

1. Utveckla lektioner, demonstrationer, problem, och laborationer som kan användas för att få eleverna att förändra eller utveckla sitt tänkande runt specifika fenomen och begrepp.
2. Organisera undervisningen så att läraren kan tillbringa en substantiell mängd av sin tid till att upptäcka och förstå elevers tänkande och identifiera svårigheter och möjligheter för elevers lärande.
3. Utveckla undervisningsstrategier där lärare arbetar med begrepp som för eleverna är begripliga, rimliga och fruktbara (intelligible, plausible, fruitful).
4. Hjälpa elever att se det naturvetenskapliga innehållet som meningsfullt genom att representera ämnesinnehållet på flera olika sätt (t.ex. verbalt, konkret och praktiskt) och genom att hjälpa elever att översätta från en sorts representation till en annan.
5. Utveckla utvärderings- och bedömningsstrategier som kan hjälpa läraren att spåra och identifiera elevers begreppsförändring.

Med andra ord ligger en stor utmaning för lärare i att finna fruktbara principer för undervisning i naturvetenskap. Linda Darling Hammond formulerade i sin bok *Powerful learning: What we know about teaching for understanding* tre viktiga principer för att elever ska lära:

1. Läraren måste beakta elevernas förkunskaper för att ett effektivt lärande ska vara möjligt.

2. Eleverna måste organisera och använda begreppslig kunskap om de ska kunna tillämpa den utanför klassrummet.
3. Elever lär sig mer effektivt om de också förstår hur de lär sig och hur man hanterar den egna lärprocessen.

Ett effektivt lärande hos eleverna skulle då enligt Darling-Hammond bygga på att läraren skapar meningsfulla och engagerande uppgifter som också utgår från elevernas intressen och förkunskaper. Vidare ska läraren anpassa undervisningen till elevernas behov och på så sätt kunna ge kontinuerlig konstruktiv feedback. Avslutningsvis belyser Linda Darling-Hammond vikten av att uppmuntra metakognitiva strategier där eleverna lär sig att utvärdera och styra sina egna lärprocesser. Ett exempel på projekt där just sådana metakognitiva strategier har visat sig utveckla såväl lärares som elevers lärande är PEEL-projektet som beskrivs i nästa avsnitt.

PEEL-projektet – ett sätt att utveckla elevers lärande

1985 startades PEEL-projektet (*Project for Enhancement of Effective Learning*) av ett antal lärare och akademiker som hade en gemensam vision om att förbättra undervisning och lärande i skolan. Projektet initierades av två lärarutbildare vid Monash University i Melbourne Australien, Ian Mitchell och John Baird. Dessa hade under en längre tid undrat över varför elever visade en låg motivationsnivå i klassrummet. Flera av de elever de studerat i klassrummet verkade också ha svårigheter att bedöma nivån på den egna kunskapen men också vilka

kunskapsluckor som de behövde fylla i. En viktig anledning till detta var enligt Mitchell och Baird dåliga inlärningsstrategier hos eleverna och en låg medvetenhetsnivå hos både elever och lärare om vad effektiva lärprocesser i klassrummet egentligen innebär. Mitchell konstaterade att nya undervisningsstrategier där eleverna dels tog ett aktivt ansvar för sitt lärande, dels stimulerades till att reflektera över hur den egna kunskapen byggdes upp ledde till att eleverna blev aktivare och mera intresserade av ämnet. Dessutom blev eleverna duktigare på att resonera och att klara av uppgifter som krävde tänkande på en högre kognitiv nivå. Baird hade också studerat undervisningsprocesser i klassrummet och beskrev i en artikel 1986 hur elever *inte* lär. Denna studie, som också blev ett viktigt avstamp i PEEL-projektet, blev banbrytande då den ändrade fokus från läraren till den lärande.

Under två års tid träffades lärare och forskare från Monash University regelbundet för att diskutera undervisning och elevers lärande. Mycket data samlades in i form av att gruppdeltagarna dagligen skrev ned sina erfarenheter och känslor. Även eleverna i PEEL-projektet skulle vara aktiva och skriva dagbok där de reflekterade över den egna lärandeprocessen. På så sätt kunde lärare och elever tillsammans utvärdera effektiviteten i nya arbetssätt och bestämma om nödvändiga ändringar. En väsentlig faktor i PEEL-projektet handlar om metakognition, dvs. elevens medvetande om hur det egna lärandet ska gå till för att bli så bra som möjligt. Eleven är då medveten om vad han eller hon gör, varför han eller hon gör något och vilken betydelse aktiviteten har för den egna lärprocessen. En annan viktig aspekt i PEEL-projektet handlar om det kollektiva

lärandet där eleverna förklarar för och hjälper varandra i lärprocessen. När en elev ställer en fråga i klassrummet får läraren en ökad insikt i vilka problem eleven upplever, vilket i sin tur bidrar till att läraren skapar en kunskap om elevens svårigheter. I PEEL är kommunikationen mellan lärare och elev en väsentlig faktor. Denna kommunikation har i många så kallade PEEL-skolor utgjorts av att eleverna skriver dagböcker.

När forskningsprojektet initierades 1982 var tanken att det skulle pågå under två år men det visade sig bidra till en sådan positiv stimulans för såväl lärare och elever som för forskarna, att projektet förlängdes och spreds till andra skolor runt om i världen. PEEL fungerar nu som ett nätverk där lärare möts regelbundet och reflekterar över sin praktik och hur de strukturerar undervisning för att nå bästa möjliga lärande hos eleverna.

I sin bok *PEEL in Practice* ger Mitchell en tillbakablick på PEEL-projektet. Han beskriver att en viktig anledning till att Baird såg betydelsen av att systematiskt och kollektivt arbeta med lärares undervisning och elevs lärande var något som han kallade för *Poor Learning tendencies*. Dessa kunde beskrivas som dåliga vanor som eleverna utvecklade i skolan. I sin bok beskriver Mitchell en lista över de nio vanligaste ovanorna, även beskrivna som ”symptom på en avsaknad av aktivt engagemang i lärandeprocessen”, som Baird hade uppmärksammat:

1. *Ytlig kännedom om innehållet* (Superficial Attention to Content) – T.ex. eleven skummar över en text utan att bearbeta och försöka förstå den eller att skilja mellan nyckelfakta och exempel.

2. *Impulsiv uppmärksamhet* (Impulsive Attention) – T.ex. eleven ser bara en del av informationen. Eleven fokuserar på ett intressant exempel men ignorerar andra viktiga delar av fakta.
3. *För tidigt avslut* (Premature Closure) – Eleven avslutar en uppgift i tron att den är slutförd trots att den egentligen ännu inte är genomförd. Eleven gör inga försök till att systematiskt kontrollera svaret i relation till instruktionerna.
4. *Olämplig tillämpning av strategier* (Inappropriate Application) – T.ex. eleven tillämpar strategier ”i blindo” för att få ett svar. Ett exempel kan vara att en elev använder en procedur eller en algoritm rent mekaniskt utan att riktigt veta om denna är relevant i sammanhanget.
5. *Ytlig kännedom om instruktioner* (Superficial Attention to Instructions) – Eleverna följer instruktionerna steg för steg utan att ha en överblick av själva uppgiften, varför den ska genomföras på det sätt den ska samt vilka eventuella lösningar som kan vara typiska.
6. *Vara fast* (Staying Stuck) – Eleven tar inget ansvar eller har ingen strategi för hur denna ska lösa problem och gå vidare då den fastnat i en uppgift. Han eller hon visar inga försök att återgå till instruktionerna och reflektera över vad de gjort och eller identifiera vad de kan och vad de inte kan.
7. *Ingen återhämtning* (Non-Retrieval) – Eleven gör inga försök till att identifiera idéer, uppfattningar och förståelse som han eller hon redan har som har relevans för den ”skolkunskap” som presenteras av läraren eller boken. Eleven är omedveten om konflikter mellan skolkunskapen och deras personliga tro.

8. *Ineffektiv omstrukturering av kunskap* (Ineffective Restructuring) – Trots en viss insikt fortsätter eleven återkommande att upprepa alternativa uppfattningar, missuppfattningar eller felaktigt inlärd regler och lagar.
9. *Brist på reflektivt tänkande* (Lack of Reflective Thinking Within the Subject Boundaries) – Eleven visar en oförmåga att koppla samman en aktivitet med en annan eller med något som behandlats vid en tidigare tidpunkt eller i ett annat ämne. Varje lektion eller aktivitet ses som isolerad från annan undervisning.

Baird menade att en lärare som är medveten om dessa ovanor kan hitta bättre undervisningsstrategier för att utveckla elevernas lärande.

Som ett sätt att kommunicera de goda erfarenheter lärargrupper upplevt genom PEEL-projektet har under de senaste 25 åren utvecklats så kallade *teaching procedures* med syftet att få elever mer medvetna om sitt eget lärande. Dessa undervisningsprocedurer finns idag tillgängliga på PEEL-projektets hemsida. Vidare utvecklade PEEL-lärarna något som senare kom att kallas för *good learning behaviours* som utgjorde tydliga tecken på lärande som var meningsfullt, intellektuellt aktivt och metakognitiv. I Mitchells bok listas tolv sådana beteenden där t.ex. ”eleven lägger fram idéer och nya insikter samt alternativa förklaringar”, ”eleven är uppmärksam”, ”eleven talar om för läraren om den inte förstår” eller ”eleven föreslår nya aktiviteter och alternativa lösningar”.

Under åren som gått sedan Mitchell och Baird startade PEEL-projektet tillsammans med en grupp lärare

har många intressanta tankar kommit från projektet. Bland annat visar projektet på potentialen att stödja ett mer effektivt och självständigt lärande genom förbättrad metakognition. Lärares attityder till undervisning i naturvetenskap har förändrats och främst lärare i de tidiga årskurserna har funnit stöd i de ”teaching procedures” som testats och vidare publicerats. Vad gäller forskning på lärares lärande har PEEL-projektet skapat möjligheter att undersöka förändringsprocesser och att identifiera faktorer som påverkar ett lyckosamt genomförande av ett nytt tänkande och som strävar till att förbättra kvaliteten på elevers lärande. I Sverige togs idéerna med PEEL-projektet upp på flera håll. Bland annat beskrivs *Från PEEL till PLAN: en strategi för utveckling av lärares och elevers aktiva lärande under eget ansvar* av Sven-Olof Hägglund och Torsten Madsén.

Att utveckla det naturvetenskapliga språket

År 2001 skrev de engelska forskarna John Wellington och Jonathan Osborne att de senaste 30 årens forskning har visat att det naturvetenskapliga språket är det största hindret för elevers lärande:

”Den viktigaste förutsättningen för att lära sig naturvetenskap – men också det största hindret för många elever – är att lära sig naturvetenskapens språk.”

Wellington och Osborne grundar sina tankar på tre idéer:

1. Undervisning i naturvetenskap handlar till stor del (kanske t.o.m. den största delen) om att lära sig naturvetenskapens språk.
2. Språket är ett stort hinder, kanske det största, för att eleverna ska lära sig naturvetenskap.
3. Men... det finns många praktiska strategier för att lösa dessa problem.

En av de största utmaningarna i det naturvetenskapliga språket är den mängd av ord och begrepp som används. Många ord, såsom energi, arbete och effekt, har en betydelse i naturvetenskapliga sammanhang och en annan i ett vardagssammanhang. I avsnittet om learning study belystes ett exempel där eleverna fick svårigheter att

förstå begrepp, t.ex. elektronisk, eftersom ordet ”skal” redan var upptaget. Eleven förväxlade här ordet elektronisk med begrepp som skyddar, exempelvis bananskal. På samma sätt blir det förvirrande för eleverna att lära sig att ett svart hål varken är svart eller ett hål. Roger Säljö och Jan Wyndhamn diskuterar det fysikaliska begreppet ”arbete”. De menar att en person som håller ett tungt föremål framför sig, i vardaglig mening, utträttar ett arbete medan personen i naturvetenskaplig mening inte utträttar något arbete. Detta innebär att det vardagliga språket och det naturvetenskapliga språket är anpassade till olika situationer och därmed kan ha olika syften. Eleverna måste därför lära sig att kommunicera inom dessa olika områden för att kunna göra sig förstådda.

Den naturvetenskapliga undervisningen ska alltså i viss mån syfta till att ge välbekanta ord en ny innebörd i ett nytt sammanhang. Forskarna menar att elever behöver tid att diskutera ord och begrepp samt resonera om begreppens innebörd. Åsa af Geijerstam studerade skrivande i naturorienterande ämnen i årskurs 5 och 8. Barnen vars texter och yttranden figurerar i avhandlingen är 10–11 år respektive 13–14 år gamla. En replik från en 14-årig flicka illustrerar hur eleverna kan resonera runt de texter de skriver i naturvetenskapliga ämnen:

”I SO tänker man ju mer så man kan formulera det bra, det ska ju låta bra också när man berättar om det. I NO skriver man bara så man förstår.”

Den här flickan sätter fingret på något som framstår som centralt i Geijerstams studie. Skrivandet är ingenting som

betonas som särskilt viktigt i naturorienterande ämnen i dessa årskurser. Det viktiga är i stället vilket innehåll som finns i texten. Andra studier inom området visar att skrivande är en potential för lärande. Geijerstams studie visar att denna resurs till stor del är outnyttjad. För att kunna förstå de naturvetenskapliga ämnena i högre årskurser krävs att eleverna mer och mer behärskar det naturvetenskapliga språket. Naturvetenskapliga begrepp blir lätt mycket abstrakta och svåra att ta till sig om man varken är van vid att tänka på det sättet eller att läsa och använda den typen av språk. Det är inte konstigt att det kan ställa till problem. Tittar vi t.ex. på Newtons andra lag: ”Till varje kraft finns en motsvarande kraft som är lika stor och motriktad”, är denna lag en hjälp på vägen att förklara hur krafter betar sig när de verkar på föremål, men lagen säger ingenting om man inte förstår innebörden i ordet kraft.

Något som många forskare är överens om är att elever utvecklar begrepp om saker, händelser och företeelser i vardagen utifrån egna upplevelser i sin sociala omgivning. Ser man på exemplet att ”en sten faller till marken då vi tappar den” är detta en vardagskunskap som alla som någonsin tappat ett föremål känner till. Tappar vi något tungt på foten gör det dessutom ont, ytterligare en vardagskunskap som bygger på erfarenhet. Vardagskunskapen kan alltså vara rent personlig och användbar i olika situationer i livet. Ett barn behöver inte känna till begreppet gravitation för att beskriva vad som händer med stenen då det tappar den.

Sjöberg diskuterar vardagsspråk och naturvetenskapens språk och menar att naturvetenskapen använder ord från vardagen men har också utvecklat egna begrepp

och ord som bara har betydelse där. Om vetenskapliga begrepp som t.ex. protoner ska få en betydelse måste de knytas till existerande begrepp på ett meningsfullt sätt. De vetenskapliga begreppen uppkommer som ett resultat av människors kunskapssökande för att teoretiskt förstå samband och sammanhang som inte alltid förklaras utifrån vardagliga erfarenheter. För att underlätta elevens lärande av de naturvetenskapliga begreppen bör undervisningen konkretiseras så att begreppen får en innebörd för eleverna. Sådana konkretiseringar kan utgöras av rollspel, t.ex. där eleverna illustrerar vattnets aggregationsformer eller en sluten krets, av modellbygge, laborativa moment eller värderingsövningar.

Ett sociokulturellt perspektiv på lärande i naturvetenskap illustreras också i boken *Meaning Making in Secondary Science Classrooms* där Eduardo Mortimer och Phil Scott utvecklat ett ramverk för att karakterisera olika sorters diskussioner, s.k. diskursiva interaktioner, i det naturvetenskapliga klassrummet. I sin forskning har de analyserat naturvetenskapliga samtal i både engelska och brasilianska klassrum och skiljer på så kallade ”dialogiska samtal” och mer styrda samtal. I en senare artikel utvecklar de detta resonemang och hävdar att undervisning i naturvetenskap måste innehålla både ”styrd” och ”dialogisk” interaktion. De menar vidare att det ofta finns ett spänningsfält mellan hur läraren antingen låter eleverna diskutera fritt eller går in och styr diskussionen. Detta spänningsfält är viktigt för att skapa meningsfulla lärandesituationer i klassrummet.

Mortimer och Scott använder sig av fem faktorer då de analyserar en meningsfull interaktion i det naturvetenskapliga klassrummet; (1) undervisningens syfte (*Teaching*

purposes), (2) undervisningens innehåll (*Content*), (3) kommunikativt förhållningssätt (*Communicative approach*), (4) lärarens ingripande (*Teacher interventions*), och (5) interaktionsmönster (*Patterns of interaction*). Denna analysmetod kan också fungera som ett utmärkt redskap då läraren planerar olika former av gruppsamtal runt naturvetenskapliga problem. Ett kommunikativt förhållningssätt handlar om att läraren interagerar med eleverna på olika sätt, antingen i det direkta samtalet eller genom att introducera nya frågeställningar, material etc. Det som särskilt betonas är att elevernas tankar och idéer beaktas i diskussionen och leder denna vidare. Scotts och Mortimers idéer om ett dialogiskt och interaktivt förhållningssätt till undervisning i naturvetenskap har under de senaste åren vuxit och initierat ett stort antal klassrumsstudier där klassrumsinteraktion och det naturvetenskapliga samtalet analyseras och diskuteras.

Ett exempel på hur man kan utveckla elevers naturvetenskapliga språk genom praktiska experiment visas av Nilsson då hon studerade hur 11-åringar kommunicerar runt praktiska experiment i fysik. Genom att experimentera i klassrummet och på nöjesparken Liseberg i Göteborg kunde eleverna relatera vetenskapliga begrepp till sina observationer och upplevelser och initiera en djupare förståelse för mekanik. Att skapa lärandesituationer genom praktiska experiment, att diskutera hypoteser, händelser och resultat visade sig vara ett bra sätt att introducera eleverna i det naturvetenskapliga språkbruket. Bland annat visar diskussionen nedan hur eleverna använder sig av vetenskapliga begrepp för att förklara ett fenomen.

Jenny: Varför faller saker till marken då vi tappar dem?

Paul: För att de är tyngre än luften...

Kristian: Dragningskraften. Tyngdlagen.

Jenny: Vem når marken först av Nalle Puh och Nasse då de hoppar samtidigt?

Colin: Nalle Puh för han är skittung.

Kristian: Han som är tyngst.

Jenny: Varför faller saker till marken då vi tappar dem?

Kristian: Dragningskraften drar dem nedåt.

Colin: För att de är tyngre än luften. Det är därför de faller nedåt.

Vad som också visas i diskussionen stödjer Scott och Mortimers påstående att elever kan inte bara sättas i en grupp och förväntas själva komma fram till rätta svar. Det finns flera viktiga faktorer som påverkar det som Scott och Mortimer kallar *dialogic/interactive discourse*. Först och främst måste läraren reflektera noggrant över gruppkonstellationen och använda sig av det som Vygotsky kallade den proximala utvecklingszonen. Detta handlar om att sätta ihop en grupp så att samtalet utgör en möjlighet till lärande där en gruppmedlem får hjälp av en annan gruppmedlem i jämförelse med vad individen skulle kunna lära sig utan detta stöd. En annan viktig faktor handlar om att läraren ska välja problemställningar och frågor som skapar interaktiva diskussioner där de själva ofta kan ta en aktiv part

och för att stimulera diskussionerna, det som Scott och Mortimer kallade *teacher interventions*.

Ett annat exempel på diskussion visas då eleverna diskuterar vad som händer då man släpper en ballong:

Jenny: Varför åker då ballonger uppåt?

Paul: Ballonger åker väl inte uppåt.

Jenny: De flyger uppåt.

Kristian: Det är väl för att de är ungefär lika tunga som luften... det är därför de åker uppåt.

Hanna: Ja men det är ju dragningskraft.

Paul: Det är det inte!

Jenny: Ballongen flyger iväg för att det är luft i den ju. Den flyger ju.

Paul: Ja om det är helium i.

Jenny: Men den flyger ju upp.

Hanna: Inte alla.

Paul: Jo alla med helium i.

Jenny: Det är någonting i heliumet.

Kristian: Men om man har vatten i. Det är ju så med vattenballonger och de flyger ju ned.

Paul: Men om man har vatten i så har man ju ingen luft i sig.

Jenny: Om det är luft i ballongen så flyger den ju inte, bara om det blåser.

Paul: Men den flyger ju i vilket fall.

Kristian: En vanlig ballong gör ju det.

Hanna: Varför flyger en heliumballong då?

Paul: Helium är lättare än luft.

Jenny: Det är något i helium som gör att den flyger uppåt.

I sina samtal för eleverna in olika termer och exempel som kan spåras till andra fysikaliska fenomen än just de som efterfrågas i experimentet. Spontana begrepp växlas med vetenskapliga begrepp, där de spontana begreppen relateras direkt till erfarenheter i barnens omvärld. Eleverna deltar aktivt i diskussionerna och det finns en dynamisk kvalitet i barnens spontana resonemang som är intressant ur ett undervisningsperspektiv. Att skapa lärandesituationer genom praktiska experiment, att diskutera hypoteser, händelser och resultat visar sig i exemplet ovan vara ett sätt att skapa ett meningsfullt samtal runt fysikaliska problemställningar. Vad som dock är tydligt i exemplen ovan är att en lärare som handleder och vägleder i diskussionerna saknas. Scott och Mortimer menar att i en dialogisk diskurs tar läraren hänsyn till och försöker utveckla elevernas tankar och idéer. Detta kan ske genom att läraren fångar upp elevernas tankar och idéer på tavlan och tillsammans i gruppen problematiseras och diskuteras dessa. En annan form av dialogisk interaktion kan enligt Scott och Mortimer vara att eleverna själva, som i de två exemplen ovan, diskuterar ett naturvetenskapligt fenomen för att tillsammans konstruera en förklaring. I en sådan diskussion är eleverna överens om

vissa saker och oense om andra men arbetar tillsammans för att utveckla sina förklaringar. Någon elevs avvikande mening driver diskussionerna vidare. Att läraren är viktig för att bidra till konstruktiva diskussioner med ett tydligt syfte och mål är dock viktigt att beakta.

Laborationen som stöd för elevers lärande

Vad lär man sig egentligen av laborationer och vad borde man lära sig? Att laborativt arbete är viktigt för elevers lärande är väl förankrat i den NV-didaktiska forskningen där ett grundläggande syfte är att eleverna ska träna sina färdigheter i att utveckla och pröva teorier men också introduceras i ett naturvetenskapligt arbetssätt. Per Högstöm, Christina Ottander och Sylvia Benckert menar att laborativt arbete handlar om att utveckla elevers naturvetenskapliga förståelse. Lindahl visar i sin avhandling att laborationer upplevs som positivt av elever som annars har ett relativt svagt intresse för naturvetenskap.

Trots att mycket forskning visar att laborativt arbete är viktigt visar ändå studier även på att det inte är självklart att elever genom praktiskt undersökande utvecklar förståelse av naturvetenskapliga begrepp. Ett exempel på detta är hur Lindahl i sin studie konstaterar att eleverna inte tycker att NV är ointressant eller särskilt svårt, men att de inte får tillräcklig hjälp att se meningen med att göra en laboration eller att lära ett visst innehåll. Gunilla Gunnarsson visar i sin avhandling att lärarens syfte med en viss laboration, dvs. det som läraren vill att eleverna ska lära om vissa specifika moment/fenomen, inte alltid är tydligt klargjort för eleverna. Ofta får eleverna en laborationsinstruktion där syftet från elevernas sida blir att

göra laborationen utifrån instruktionen. De är angelägna om att använda ”rätt” utrustning och material liksom att avläsa mätinstrumenten korrekt så att de får ”rätta” värden. Fokus är med andra ord mycket på själva *görandet* och inte alltid på *lärandet om ett specifikt fenomen* som var lärarens (för eleverna) uttalade syfte. Gunnarsson visar också att lärare och elever använder termerna experimentera och laborera synonymt. I vissa fall kan en laboration, ett experiment och praktiskt arbete betyda samma sak.

Helena Näs visar i sin avhandling på att det blir lättare för eleverna att förstå, och därmed visar de mer intresse, om det läggs ett mer praktiskt perspektiv på NV-undervisningen. Hon tar upp fotosyntesen som ett exempel där hon konkretiserar händelseförloppet och resonerar med eleverna kring detta istället för att utgå ifrån en kemisk formel. Liksom Andréé tar hon upp problemen med att genomföra en kvalitativ NV-undervisning med dagens stora elevgrupper. Näs påvisar också att eleverna ställer frågor som går bortom det som lärare och läroböcker presenterar men även att eleverna behöver bli konfronterade med utmanade frågor att resonera utifrån.

Högström analyserar i sin avhandling från 2009 hur lärarens mål framträder under det laborativa arbetet och vilka faktorer som har betydelse för hur målen implementeras i klassrumspraktiken. Genom lärarintervjuer framkommer att lärare uttrycker generella mål för laborativt arbete som t.ex. att eleverna ska utveckla sin förståelse av naturvetenskapliga begrepp och fenomen och sitt intresse för naturvetenskap. Det undersökande arbetet används enligt lärarna i första hand till att öka intresset för naturvetenskap och inte för att ge kunskap

om naturvetenskapliga metoder. Högström beskriver att lärare ofta har fler mål med laborationerna än vad som framkommer i laborationshandledningarna samt att de mål lärarna har inte alltid stämmer överens med det eleverna uppfattar vara viktigt. Den engelske forskaren Robin Millar beskriver att om eleverna uppmuntras till att också göra egna undersökningar stimuleras deras nyfikenhet. Men trots detta är det rimligt att anta att eleverna på egen hand inte kan lära sig naturvetenskapliga teorier och naturvetenskapligt tänkande genom att göra observationer under en laboration. Därför är interaktionen mellan lärare och elev under det laborativa arbetet väldigt viktigt.

Näs menar att om NV-undervisningen innehåller fler praktiska moment blir eleverna mer intresserade och det är också lättare för dem att förstå. I sin avhandling visar hon hur eleverna får en djupare förståelse för fenomenet fotosyntes genom att läraren konkretiserar och sedan resonerar om händelseförloppet vid fotosyntesen tillsammans med eleverna.

Ett syfte med laborativt arbete är att eleverna genom laborationer ska utveckla en förståelse för naturvetenskapliga fenomen genom att formulera och testa hypoteser och underbygga sina slutsatser med belägg från undersökningar. Detta beskrivs i engelskspråkig litteratur som *scientific inquiry* och benämns i fortsättningen undersökande arbete.

Högström presenterar ett flertal mål som det laborativa arbetet syftar till att eleverna ska utveckla:

- kunskap om och förståelse av naturvetenskapliga begrepp och fenomen

- praktiska laborativa färdigheter inklusive problemlösningsförmåga och argumentation
- förståelse av forskares vetenskapliga arbetssätt
- intresse och motivation
- förståelse av det undersökande arbetets metoder och av naturvetenskapens karaktär.

Med andra ord måste laborativt arbete innehålla tydliga mål för det lärande som förväntas utvecklas men också en klar bild av vad och hur elevernas prestationer i det laborativa arbetet ska bedömas. Detta leder oss nu in på det mycket viktiga avsnitt som belyser bedömning av naturvetenskaplig kunskap.

Bedömning för lärande i naturvetenskap

Eftersom bedömning även till stor del är en kommunikativ process behöver deltagare i alla former av lärandescenarier, såväl elever som lärare och föräldrar, förstå syftet med och konsekvenserna av dessa bedömningar. Till exempel, om de naturvetenskapliga kursplanerna ändras till att på ett mer uttalat sätt främja utvecklingen av undersökande arbetssätt, kommer detta sannolikt att påverka både vad lärarna väljer att göra i klassrummet och hur de planerar och organiserar aktiviteter för att uppmuntra elevers engagemang. Eftersom en kursplan som bygger på undersökande arbetssätt kräver verktyg för att bedöma detta kommer nya styrdokument också att påverka hur lärare bedömer elevernas ökade naturvetenskapliga kunskap. Paul Black och hans kollegor vid Kings College i London skriver att historiskt sett har bedömningens roll i styrdokument och läroplaner varit undervärderad och förändringar i styrdokumentet har resulterat i att frågor om bedömning har kommit i andra hand. I sin forskning om lärares kompetensutveckling i bedömningsfrågor skriver Christine Harrisson att om lärare ska kunna skapa en gemensam syn på bedömning behöver de få möjlighet till dialog och reflektion så att de kan utveckla nya metoder i den befintliga klassrumspraktiken. För att skapa ett sådant system krävs åtgärder på tre nivåer:

1. Etablera en gemensam syn på syfte och en gemensam uppsättning vägledande principer.
2. Utveckla infrastruktur som stöder uppbyggnaden av en gemensam bedömningskultur.
3. Utveckla gemensamma projekt som fokuserar på viktiga förändringar, frågor som skapar konkreta projekt för att ytterligare fördjupa ett gemensamt syfte. På så sätt kan lärare ta kontroll över förändring i det egna klassrummet.

Summativ eller formativ bedömning?

Att bedömningsprocessen är mångfacetterad och komplex är varje lärare medveten om. Bedömning kan handla om att *summera* elevens prestationer för att få fram underlag till betygsättning vilket ofta sker i slutet av en kurs, en årskurs eller en skolform. En sådan så kallad *summativ bedömning* kan tyckas klart begränsad då den ofta uttrycks som synonym med att bara döma, betygsätta eller rangordna eleverna med utgångspunkt i de resultat de presterar i givna tester. Ett försök att utmana denna något ytliga syn på bedömning är genom att skilja mellan två former av bedömning, summativ och formativ. Men även om en sådan differentiering kan vara till hjälp i vårt tänkande om bedömning *av* lärande kontra bedömning *för* lärande är relationen mellan de två formerna av bedömning inte uttalad. I praktiken finns ingen skarp gräns mellan summativ och formativ bedömning då även resultatet av en summativ bedömning kan användas för att förbättra undervisning och lärande, även om det kan ta en viss tid innan lämpliga åtgärder sätts in.

Medan summativ bedömning tenderar att redovisa hur mycket eleverna har lärt sig vid en viss tidpunkt, ger formativ bedömning lärare och elever information om vad de behöver under lärprocessen för att utveckla lärandet ytterligare. En stor del av problemet med att göra ett tydligt samband mellan formativ och summativ bedömning handlar om den dubbla betydelsen i själva ordet *bedömning*. Å ena sidan är bedömning ett resultat av den handling som bedöms; de kvaliteter och/eller kommentarer som är knutna till ett arbete. Å andra sidan är det en process som involverar bedömare, arbetet eller beteendet i fråga och eleven. Rick Stiggins och Jan Chappius beskriver att formativ bedömning kräver ett effektivt kommunikationssystem där läraren ger regelbunden information och ofta beskrivande feedback till eleven. Detta sker genom en kontinuerlig övervakning av processen mot elevorienterade mål för att hjälpa eleven att få insikter i dennes individuella behov av lärande. Detta bekräftar tendensen att se summativ bedömning som en sista, produktbaserad verksamhet och formativ bedömning som en del i processen mot elevernas lärande. Formativ bedömning kan beskrivas som något som förändras och formas med hjälp av olika insatser. Summativ bedömning förefaller mindre problematiskt eftersom den förutsätter att produkten kan bedömas vid en viss tidpunkt.

Enligt Roy Sadler sker formativ bedömning i tre steg. Det första innebär att läraren uppmärksammar det som eleven presterar, detta kan vara en skriftlig eller muntlig redogörelse eller en förklaring till ett experiment. Nästa steg innebär att läraren bedömer denna prestation i rela-

tion till de mål som är uppställda för aktiviteten. Elevens styrkor och svagheter och eventuella alternativa föreställningar noteras och en idé om hur eleven kan utveckla sitt lärande formuleras. I det tredje och sista steget ger läraren återkoppling till eleven i syfte att denne ska förbättra sitt lärande. Detta kan ske genom en muntlig eller skriftlig kommentar eller i en dialog s.k. formativ dialog, se Nilsson & Loughran. En viktig aspekt av den formativa bedömningen är att denna inte endast involverar lärarens insats utan att den också handlar om att eleven övar sin förmåga att bedöma sitt eget lärande, s.k. *självvärdering*. Stiggins och Chappius menade att när elever är engagerade i att utvärdera sina prestationer och sätta upp mål för sitt framtida lärande utvecklar de också en insikt i sig själva som elever. De framhöll ytterligare fyra villkor som måste uppfyllas för bedömning för lärande: 1) bedömning för lärande måste alltid drivas av ett klart uttalat syfte 2) läraren måste vara tydlig med vilka förväntningar som finns på eleven; 3) de metoder som används vid bedömning måste återspegla målen; 4) resultatet av bedömningen måste kommuniceras till eleverna på ett begripligt sätt.

En del av de betingelser som beskrivits tidigare i denna översikt (samtal, laborationer m.m.) bör kunna underlätta för lärare att använda formativ bedömning. Genom att använda sig av argumentation och samtal i den naturvetenskapliga undervisningen erbjuds också en möjlighet för läraren att skapa så kallade ”formativ interaktion” (Nilsson och Loughran) där läraren genom att fånga upp elevens argumentation också kan föra det gemensamma kunskapsbygget framåt. Genom dessa

interaktiva och kommunikativa processer blir elevens kunnande och resonemang synligt och läraren (och kamrater) får en möjlighet att utmana och utveckla elevens tankar.

I en bok om *Assessment of Science Education* som kommer att ges ut år 2012 beskriver Paul Black från England att det finns en mycket tydlig relation mellan undervisning och bedömning. Han beskriver vidare att det kan finnas en viss förvirring i diskussionen om relationen mellan formativ och summativ bedömning. Det finns bedömningsinstrument för att utvärdera elevers kunskap, attityd och förståelse. Den information som framkommer med hjälp av dessa instrument kan användas för formativa syften eller summativa syften eller för både och. Black menar alltså att det inte alls behöver finnas någon skarp brytpunkt mellan formativ och summativ bedömning. Faktum är att det kan och bör finnas en samverkan mellan dem och sådana synergieffekter bör ses som naturliga för att uppnå bästa möjliga lärande. Men där lärare upplever trycket från externt framtagna och beslutade tester kan det ibland verka omöjligt att uppnå dessa synergieffekter. För att åtgärda spänningen mellan formativ och summativ bedömning behöver de instrument som används vid summativ bedömning designas så att de kan utgöra ett stöd för lärande.

Black menar vidare att då bedömning är en central komponent för undervisning och lärande är det viktigt att föreslå en undervisningsmodell där bedömningens roll tydliggörs. För att göra detta föreslår Black en modell för undervisning bestående av fem steg; tydliga mål, *clear aims*, planeringsaktiviteter, *planning activities*;

implementering av lektionsplanering, *implementation*; granskning, *review*; summering, *summing up*.

Tydliga mål kan handla om att förstå begrepp och metoder i det naturvetenskapliga arbetet eller att utveckla elevers förmågor i att resonera och lyssna och att bli självständiga i sitt lärande. Planeringsaktiviteter sker på olika nivåer, från hela skolans strategiska planering till den enskilde lärarens planering av nästa lektion. Ett viktigt kriterium handlar om aktivitetens potential att klargöra och utveckla elevers intresse, engagemang och lärande men också själva aktivitetens relation till elevers tidigare erfarenheter. Implementering av lektionsplaneringen är mycket viktig och läraren bör här sträva efter att skapa en konstruktiv dialog med eleverna för att få en bild av deras tankar och idéer och på så sätt finna vägar att utveckla deras lärande. I slutet av varje lärtillfälle ska det ske någon form av kontroll (granskning) innan man fortsätter. Här kan tester med en formativ användning av resultatet spela en viktig roll. Resultatet av dessa tester kan få läraren att återvända till steg tre (implementering) för att finna nya undervisningsstrategier för att främja elevers lärande. Den mer formella delen av granskningen kommer i det sista steget (summering) där resultatet kan användas för att rapportera om elevens prestationer till andra lärare eller till föräldrar.

Det finns ingen tvekan om att bedömning spelar en central roll för undervisning och lärande och är en integrerad del av den pedagogiska processen. Formativ bedömning har under det senaste decenniet fått stor uppmärksamhet och är ett kraftfullt sätt att förbättra elevers motivation och prestationer i klassrummet.

Forskning i NV-didaktik – begriplig, rimlig och fruktbar?

Denna kunskapsöversikt har strävat efter att ge en bild av den forskning om undervisning och lärande i naturvetenskap som bedrivs nationellt och internationellt. I början av översikten beskrevs ett teoretiskt ramverk för förändring. För att man som individ – lärare, skolledare, elev – ska förändra sitt tänkande runt en viss idé, t.ex. undervisning, måste en sådan idé vara begriplig, rimlig och fruktbar. Läraryrkets komplexitet gör att förändringar inte kan ses som något som sker i ett linjärt system utan det bygger på många olika faktorer och dimensioner. Fokus i denna översikt har varit att lyfta forskning som gynnar undervisningen i naturvetenskap men även att diskutera modeller samt beprövad och dokumenterad erfarenhet som har mer allmän bäring på undervisningen.

Det viktigaste budskapet i denna text är frågan om vad det är som *gör skillnad* i elevers lärande i naturvetenskap. Svaret på denna komplexa men viktiga fråga är inte entydigt. Det kan handla om lärarens kunskaper i naturvetenskap, hur elevers och lärares attityder påverkar undervisningen, vilka aspekter som läraren bör vara medveten om vad gäller undervisningen som helhet, men även hur forskningsmetoder som learning study och olika former av kollegialt lärande kan utveckla lärares undervisning och elevers lärande.

Men att lärarens roll är central för elevers lärande är inget vi behöver ifrågasätta. McKinsey-rapporten beskriver att kvaliteten på ett utbildningssystem inte kan överstiga kvaliteten på dess lärare och det enda sättet att förbättra elevers resultat i ett skolsystem är att något förändras i klassrummen. Hattie bekräftar detta i sin meta-studie och skriver att den enskilde lärarens förmåga att undervisa är den viktigaste faktorn för elevernas prestationer. Andra faktorer som Hattie belyser handlar om lärarens förmåga att synliggöra elevers lärandeprocesser och att vara medveten om avsikten med undervisningen men också att anpassa undervisningen till elevernas kunskaper, intresse och den givna klassrumssituationen. För att hjälpa lärare att uppfylla dessa förmågor krävs forskning med nära koppling till lärarens vardag. Denna översikt har presenterat ett axplock utav den forskning som bedrivs nationellt och internationellt, men ytterligare kunskap krävs för att utveckla den spännande och komplexa praktik som skolans naturvetenskapsundervisning utgör. Kunskapsöversiktens titel ”Att se helheter i undervisningen” visar inte bara att naturvetenskapen måste ses ur ett helhetsperspektiv utan även att den NV-didaktiska forskningen behöver belysas ur flera olika perspektiv för att skapa en helhet i den värld den ska bidra till.

Referenser

- Abell, S. (2007). Research on science teachers' knowledge. In S. K. Abell and N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105–1149). Mahwa, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Af Geijerstam, Å. (2006). Att skriva i naturorienterande ämnen i skolan. Uppsala: Institutionen för lingvistik och filologi
- Aikenhead, G. (1996). Science education: border crossing into the subculture of science, *Studies in Science Education*, 27(1), 1–52.
- Aikenhead, G. (2006). *Science Education for Everyday Life. Evidence-based practice*. New York: Teachers College Press.
- Alexandersson, M. (1994). *Metod och medvetande [Method and consciousness]*. Gothenburg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Andersson, B. (2011). *Att utveckla undervisning i naturvetenskap: kunskapsbygge med hjälp av ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.
- Andrée, Maria (2007). *Den levda läroplanen. En studie av naturorienterande undervisningspraktiker i grundskolan*. Doktorsavhandling. (Studies in educational sciences 97). Stockholm: HLS förlag.

- Appleton, K. (2003). How Do Beginning Primary School Teachers Cope with Science? Toward an Understanding of Science Teaching Practice. *Research in Science Education*, 3, 1–25.
- Appleton, K. (2006). Science Pedagogical Content Knowledge and Elementary School Teachers, in: K. Appleton (Ed.), *Elementary Science Teacher Education* (pp. 31–54). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.
- Baird J., Northfield J. (1992). *Learning from the PEEL Experience*. Melbourne: Monash University.
- Baird, J.R. & Mitchell, I.J. (Eds) (1986) *Improving the Quality of Teaching and Learning: an Australian case study – the PEEL Project*. Melbourne: Monash University.
- Berry, A. (2007). *Tensions in teaching about teaching: A self-study of the development of myself as a teacher educator*. Dordrecht: Springer.
- Berry, A., Loughran, J., & van Driel, J. H. (2008). Revisiting the roots of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1271–1279.
- Black, P.J., & Wiliam, D (1998a) Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education*, 5(1), 7–71.
- Black, P.J., & Wiliam, D. (1998b). *Inside the black box: Raising standards through classroom assessment*. London, UK: King's College London School of Education.
- Black, P. & Wiliam, D. (2009) Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31.

- Bishop, K., & Denley, P. (2007). *Learning science teaching – Developing a Professional Knowledge Base*. Open University Press.
- Bransford, J., Brown, A. & Cocking, R. (eds.) (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Claxton, G. (1991). *Educating the inquiring mind. The challenge for school science*. Hertfordshire: Harvester Wheatsheaf.
- Darling Hammond, L. (2008). *Powerful learning: What we know about teaching for understanding*, San Fransisco: Jossey Bass.
- Dewey, J. (1938/1997). *Experience and education*. New York: Macmillan.
- Dolin, J. (2007) Science education standards and science assessment in Denmark. In D.Waddington, P.Nentwig, & S.Schanze (Eds.) *Making it comparable: Standards in science education*. pp.71–82. Munster, Germany: Waxmann.
- Fensham, P. (2004). *Defining an Identity, The Evolution of Science Education as a Field of Research*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- af Geijerstam, Å. (2006). *Att skriva i naturorienterande ämnen i skolan*. Acta Universitatis Upsaliensis. Studia Linguistica Upsaliensia 3. (s 28–29)
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content Knowledge: An introduction and Orientation. In J. Gess-Newsome, and N.G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge*. (p. 3–17). Boston: Kluwer Academic Publishers.

- Goodrum, D., Hackling, M., & Rennie, L. (2001). *The status and quality of teaching and learning of science in Australian schools*. Canberra, ACT: Department of Education, Training and Youth Affairs.
- Gunnarsson, G. (2008). Den laborativa klassrumsvärksamhetens interaktioner. *Studies in Science and Technology Education*, No 24. Diss. Linköping: Linköpings Universitet.
- Gustavsson, L. (2008). *Att bli bättre lärare: hur undervisningsinnehållets behandling blir till samtalsämne lärare emellan* (Doktorsavhandling). Umeå universitet
- Gustafsson, J.-E. & Myrberg, E. (2002). *Ekonomiska resursers betydelse för pedagogiska resultat: en kunskapsöversikt*. Stockholm: Statens skolverk.
- Harlen, W. (1997). Primary Teachers' Understanding in Science and its Impact in the Classroom. *Research in Science Education*, 27, 323–337.
- Hattie, J. A. C. (2008). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.
- Holmqvist, M., Gustavsson, L. & Wernberg, A. (2007). Generative learning. Learning beyond The learning situation. *Educational Action Research*, 15(2), 181–208.
- Hägglund, Sven-Olof., Madsén, Torsten. (1995). *Från Peel till Plan – en strategi för utveckling av lärares och elevers aktiva lärande under eget ansvar*.
- Högström, P (2009). *Laborativt arbete i grundskolans senare år – lärares mål och hur de implementeras*. Umeå: Institutionen för matematik, teknik och naturvetenskap, Umeå universitet.

- Högström, P, Ottander, C & Benckert, S (2006). ”Lärares mål med laborativt arbete: Utveckla förståelse och intresse”. *Nordina*, 5, 54–66.
- Jidesjö, A. (2008). Different content orientations in science and technology among primary and secondary boys and girls in Sweden: Implications for the transition from primary to secondary school? *NorDiNA*, 4(2), 192–208.
- Kindt, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45,(2), 169–204.
- Korthagen, F. A. J., & Kessels, J. (1999). Linking theory and practice: Changing the pedagogy of teacher education. *Educational Researcher*, 28(4), 4–17.
- Lindahl, B. (2003). *Lust att lära naturvetenskap och teknik? – En longitudinell studie om vägen till gymnasiet*. Doktorsavhandling (Göteborg Studies in Educational Sciences 196). Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Loughran, J. J., Mulhall, P., & Berry, A. (2006). *Understanding and Developing Science Teachers’ Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers
- Marton, F., Runesson, U. & Tsui, A. B. (2004). The space of learning. In F. Marton & A. B. Tsui (Eds), *Classroom discourse and the space of learning*. Mahawa, NJ: Erlbaum.
- Marton, F. & Pang, M. F. (2006). Beyond “lesson study”: comparing two ways of facilitating the grasp of economic concepts. *Instructional Science*, 15(2), 193–220.

- Marton, F. & Pang, M. F. (2006). On some necessary conditions for learning. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 193–220.
- Marton, F. & Tsui, A. B. (2004). *Classroom Discourse and the Space of Learning*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- McKinsey & Company (2007), *How the world's best-performing school systems come out on top*. London
- Millar, R. (2006). Twenty first century science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499–1521.
- Mitchell, I. (2009). *PEEL in practice, Teaching for Effective Learning*, Melbourne: PEEL Publishing, Monash University.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*, Buckingham, UK: Open University Press.
- Nilsson, P. (2005) Barns kommunikation och lärande i fysik genom praktiska experiment *Nordic Studies in Science Education (NordiNa)*, (1), 2005 s. 58–69.
- Nilsson, P. (2008a). Teaching for understanding – The complex nature of PCK in pre-service teacher education. *International Journal of Science Education*, 30(10). pp. 1281–1299.
- Nilsson, P. (2008b). *Learning to Teach and Teaching to Learn – Primary science student teachers' complex journey from learners to teachers*. Dissertation. Linköping Studies in Science and Technology Education No 19.

- Nilsson, P. (2011). Why Does Scientific Literacy Matter in Primary Schools?: Reflections on the OLG Experience, In J. Loughran, K. Smith, A. Berry (Eds.). *Scientific Literacy Under the Microscope – A Whole School Approach to Science Teaching and Learning*, (pp. 127–138), Rotterdam: Sense Publishers.
- Nilsson, P., & Loughran, J. (2011). Exploring the development of pre-service elementary teachers' pedagogical content knowledge, (*Published online 24 May 2011 in Journal of Science Teacher Education*)
- Nilsson, P. & Van Driel, J. (2010). Teaching together and learning together – Primary school science student teachers' and their mentors' joint learning in the primary classroom. *Teaching and Teacher Education*, 26, 1309–1318.
- Nordäng, U-K. (2011). När något oväntat inträffar. *Pedagogiska magasinet*, 2: 2011.
- Norris, S., & Phillips, L. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240.
- Näs, Helena (2010). *Teaching photosynthesis in a compulsory school context: Students' reasoning, understanding and interactions*. Umeå: Umeå universitet, Institutionen för naturvetenskapernas och matematikens didaktik.
- OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD.
- Osborne, J. & Collins, S. (2003). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: a focus group study. *International journal of science education*. 23 (5), 441.467.

- Oscarsson, M, Jidesjö, A, Karlsson, Karl-Göran & Ström-
dahl, H. (2009). Science in society or science in school:
Swedish secondary school teachers' beliefs about science
and science lessons in comparison with what their
students want to learn, *NorDina*, 5(1), 18–34.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog,
W. A. (1982). Accomodation of a scientific concep-
tion: Toward a theory of conceptual change. *Science
Education*, 66, 211–227.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science Education
for Citizenship. Teaching Socio-Scientific Issues*.
Maidenhead: Open University Press.
- Rennie, Léonie J., Venville, Grady and Wallace,
John(2011) Learning science in an Integrated class-
room: Finding balance through theoretical triangula-
tion, *Journal of Curriculum Studies*, 43(2), 139–162.
- Roberts, D. A. (2007a) Scientific literacy/science
literacy. In S. K. Abell and N. G. Lederman (eds),
Handbook of Research on Science Education (Mahwah,
NJ: Lawrence Erlbaum), 729–780.
- Rundgren, C.-J. (2006). Att börja tala ”biokemiska”
– betydelsen av metaforer och hjälpord för menings-
skapande kring proteiner. *Nordina. Nordic Studies in
Science Education*, 1(5), 30–42.
- Rundgren, C.-J. (2008). *Visual Thinking, Visual Speech
– a Semiotic Perspective on Meaning Making in Mole-
cular Life Science. How visualizations, metaphors and
help-words contribute to the formation of knowledge
about proteins among upper secondary and tertiary
level students*. Linköping: Department of Social and
Welfare Studies, Linköping University.

- Runesson, U. (1999). *Variationens pedagogik. Skilda sätt att behandla ett matematiskt innehåll*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Runesson, U. (2005). Beyond discourse and interaction. Variation: a critical aspect for teaching and learning mathematics. *Cambridge journal of education*, 35(1), 69–87.
- Sadler, R. (1989). Formative assessment and the design of instructional systems. *Instructional Science*, 18, 119–144.
- Schoultz, J. (2000). *Att samtala om/ni naturvetenskap: kommunikation, kontext och artefakt*. Doktorsavhandling. (Linköping studies in education and psychology 67). Linköpings universitet, Linköping.
- Schreiner, C. & Sjöberg, S. (2004). Sowing the seeds of ROSE. Background, Rationale, Questionnaire Development and data Collection for ROSE (The Relevance of Science Education) – a comparative study of students' views of science and science education. (Acta Didactica 4/2004). Oslo: Dept. of Teacher Education and School Development, University of Oslo.
- Schön, D. (1983). *The Reflective Practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Schön, D. (1987). *Educating the Reflective Practitioner*. San Francisco: Jossey Bass.
- Senese, J. C. (2002). Opposites attract. What I learnt about being a classroom teacher by being a teacher educator. In J. Loughran & T. Russell (Eds.), *Improving teacher education practices through self-study* (pp. 43–55). London: Falmer Press.

- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22
- Sjöberg, S. (2005). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.
- Skamp, K. (1997). Student teachers' entry perceptions about teaching primary science: Does a first degree make a difference? *Research in Science Education*, 27, 515–539.
- Speering, W. & Rennie, L. (1996). Students' perceptions about science: The impact of transition from primary to secondary school. *Research in Science Education*, 26, 283–298.
- Stiggins, R., & Chappius, J. (2005). Using Student-Involved Classroom Assessment to Close Achievement Gaps, *Theory Into Practice*, 44(1), 11–18.
- Strömdahl, Helge. (2002). Avgränsa, idealisera, modellera – Naturen i naturvetenskapens dräkt. Ingår i H. Strömdahl red. *Kommunicera naturvetenskap i skolan. Några forskningsresultat* (s. 139–147). Lund: Studentlitteratur.
- Szybek, P. (2002). *Att kommunicera naturvetenskap: Världsbilder och livet i en värld*, Ingår i H. Strömdahl red. *Kommunicera naturvetenskap i skolan. Några forskningsresultat* (s. 139–147). Lund: Studentlitteratur.
- Säljö, R. och Wyndhamn, J. (2002). Naturvetenskap som arena för kommunikation. I H.

- Strömdahl (red.), *Kommunicera naturvetenskap i skolan – några forskningsresultat*. Lund: Studentlitteratur.
- Thulin, S. (2011). *Lärares tal och barns nyfikenhet: Kommunikation om naturvetenskapligt innehåll i förskolan*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Van Driel, J.H., N. Verloop, and W. de Vos. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673–695.
- Venville, G., Sheffield, R., Rennie, L., & Wallace, J. (2008). The Writing on the Wall: Classroom Context, Curriculum Implementation, and Student Learning in Integrated, Community-Based Science Projects, *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 857–880.
- Vikström, A. (2005). *Ett frö för lärande – en variations-teoretisk studie av undervisning och Lärande av grundskolans biologi* (Doktorsavhandling). Luleå tekniska universitet.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wickman, P.O. Persson, H. (2008) *Naturvetenskap och naturorienterade ämnen i grundskolan – en ämnesdidaktisk vägledning*. Stockholm: Liber.
- Wellington, J., and Osborne, J. (2001) *Language and Literacy In Science Education*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Östman, L. (1995). *Socialisation och mening: NO-utbildning som politiskt och miljömoraliskt problem*. Doktorsavhandling. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis.



FORSKNING FÖR SKOLAN

Vad innebär naturvetenskaplig forskning och på vilket sätt kan den bidra till en förändrad undervisning i skolans naturvetenskap? Vad är det som gör skillnad i elevers lärande i naturvetenskap? I den här översikten diskuteras denna fråga. Det handlar bland annat om att utveckla undervisningen och om elevers och lärares förutsättningar. Fokus är att lyfta forskning som gynnar undervisningen i naturvetenskap men också att diskutera modeller och dokumenterad samt beprövad erfarenhet som har en mer allmän bäring på undervisningen.

