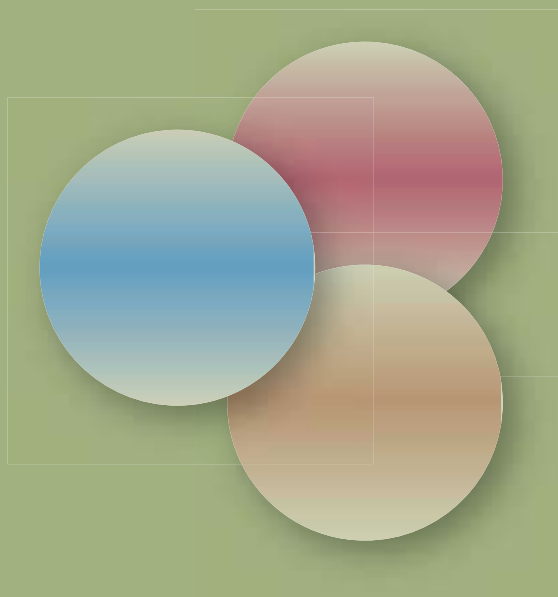


Naturorienterande ämnen



Beställningsadress:
Fritzes kundservice
106 47 Stockholm
Telefon: 08-690 95 76
Telefax: 08-690 95 50
E-postadress: skolverket@fritzes.se
www.skolverket.se

Beställningsnummer: 05:884
ISBN: 91-85009-72-5

Tryck: Elanders Gotab
Stockholm 2005
Upplaga: 1 000 ex



Göteborgs universitet

Nationella utvärderingen av grundskolan 2003 (NU-03)

Naturorienterande ämnen

Björn Andersson
Frank Bach
Clas Olander
Ann Zetterqvist

I denna ämnesrapport inom ramen för Skolverkets nationella utvärdering av grundskolan 2003 (NU-03), redovisas en fördjupad analys av resultaten i naturorienterande ämnen.

Rapporten är framtagen vid Enheten för ämnesdidaktik vid Göteborgs universitet, som på Skolverkets uppdrag har genomfört utvärderingen av naturorienterande ämnen. De forskare som genomfört studien svarar självständigt för innehållet och de ställningstaganden som redovisas i denna ämnesrapport.

Förord

Nationella utvärderingen av grundskolan 2003 har initierats av Skolverket för att ge en bild av grundskolans utveckling under 1990-talet. Konstruktionen av utvärderingsinstrument, analyser av insamlade data och rapportering från de ämnesstudier som ingått i utvärderingen har lagts ut som särskilda uppdrag på forskargrupper vid universitet och högskolor runt om i landet.

Skolverket har centralt, via en analysgrupp vid utredningsavdelningen, genomfört analyser av gemensamma frågor i de olika ämnesenkäterna till lärare och elever och svarat för slutrapporteringen. I Skolverkets analysgrupp har ingått Oscar Öquist (projektledare), Sten Söderberg (bitr. projektledare), Gunhild Bartholdsson, Daniel Gustavsson, Gunnar Iselau, Caroline Klingensterina, Christian Lundahl, Gunilla Olsson, AnnSofi Persson-Stenberg (Myndigheten för Skolutveckling), Camilla Thinsz-Fjellström och Aina Tullberg. Skolverket har hittills utgivit en sammanfattning av resultatbilden i rapporten "Nationella utvärderingen av grundskolan 2003, sammanfattande huvudrapport". Kopplade till denna rapport finns de olika ämnesstudierna redovisade i tre separata skrifter med den övergripande titeln "Nationella utvärderingen av grundskolan 2003, huvudrapport".

Föreliggande rapport utgör den mer fördjupade ämnesrapporteringen från den forskargrupp som svarat för ämnet naturorienterande ämnen. I Skolverkets analysgrupp har Aina Tullberg ansvarat för kontakterna med forskargruppen.

De forskare som genomfört studien svarar självständigt för innehållet och de ställningstaganden som redovisas i denna ämnesrapport.

Stockholm i januari 2005

Oscar Öquist

Undervisningsråd, projektledare

Innehåll

Författarnas förord	7
Sammanfattning och värdering	9
Referensram och bakgrund	13
1. Naturvetenskap i samhälle och skola	14
2. Syfte, avgränsningar och inriktning.....	22
3. Metodproblem	26
4. Mål, uppgifter och urval	32
Resultat	39
5. Elevernas kunskande i biologi	40
6. Elevernas kunskande i fysik.....	60
7. Elevernas kunskande i kemi	83
8. Eleverna bedömer skolans biologi, fysik och kemi	103
9. Lärarna och skolans naturvetenskap	117
10. Översiktlig resultatbild	130
Diskussion om NO-undervisningens framtid	133
11. Utgångsläge	134
12. År 2015 – en framtidsvision	142
13. Några steg på väg mot visionen	146
Bilagor	159
Bilaga 1. Lärarbedömning av provuppgifter	160
Bilaga 2. Svartsbortfall på elevproven	162
Bilaga 3. Energiflödet på jorden – ett exempel på ett orienteringsmönster	167
Referenser	167

Författarnas förord

Ärade läsare!

Du har nu framför dig en rapport som redovisar och diskuterar resultaten av den nationella utvärderingen 2003 angående biologi, fysik och kemi. En jämförelse görs med resultaten från utvärderingar 1992 och 1995. I en avslutande del diskuteras NO-undervisningens framtid. Utvärderingen har, på uppdrag av Skolverket, genomförts vid Göteborgs universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik, Enheten för ämnesdidaktik.

Projektgruppen har utgjorts av lektor Frank Bach, adjunkt Clas Olander och lektor Ann Zetterqvist med den förstnämnde som projektledare. Vetenskaplig ledare har varit professor Björn Andersson, som också skrivit rapporten. Denna är dock i hög grad ett resultat av våra samlade ansträngningar. Den har vuxit fram under intensiva och spännande diskussioner.

Vi ser som vår uppgift inte bara att utvärdera utan också att skapa kunskande om den svenska NO-undervisningen och dess betingelser och att stimulera till att den utvecklas. Därför ingår i rapporten förslag till fördjupade studier i form av adresser till ett antal 'workshops' som är tillgängliga via Internet. Vi hoppas alltså att läsaren inte stannar vid våra undersökningsresultat och hur dessa värderas, utan använder rapporten som ett avstamp för fortsatt kunskapsbygge.

Möln dal den 15 oktober 2004

Björn Andersson Frank Bach Clas Olander Ann Zetterqvist

Sammanfattning och värdering

Syfte och avgränsningar

Måluppfyllelse i ett tioårigt perspektiv

Huvudsyftet med Skolverkets projekt ”Nationell Utvärdering 2003” (NU 03) är att på ett överskådligt och jämförbart sätt teckna en nationell bild av måluppfyllelsen i grundskolan, sedd i ett tioårigt perspektiv. I detta arbete ingår att undersöka måluppfyllelsen i olika ämnen, vilket gjorts i ett tiotal olika projekt. Ett av dessa gäller biologi, fysik och kemi. Det beskrivs i denna rapport. För att uppnå huvudsyftet behöver man göra så kontrollerade jämförelser som möjligt med de utvärderingar som gjordes 1992 och 1995. Detta åstadkoms genom att samma eller likartade provuppgifter och enkätfrågor används nu som tidigare.

Fokus på begreppsförståelse

Eftersom den avgränsning som gjordes 92 och 95 var att fokusera begreppsförståelse har detta också fått gälla för 2003. Våra argument då som nu är att skolans naturvetenskap i stor utsträckning går ut på att eleven skall utveckla begreppsförståelse för att bättre begripa omvärlden. Om inte detta sker har eleverna inga naturvetenskapliga tankeverktyg med vilka nya situationer i framtiden kan förstås, t.ex. miljöproblem. Vi noterar att av de 125 kursplanemål som för närvarande styr grundskolans naturvetenskapliga undervisning gäller cirka hälften kunskap om begrepp och teorier. Övriga mål bygger på dessa.

De naturvetenskapliga begreppen och teorierna hör till människans verkligt stora intellektuella landvinningar, nödvändiga för det moderna samhällets funktion. Antag att allt naturvetenskapligt kunnande som finns ”i huvudet” på olika yrkesutövare och beskrivet i böcker och andra media genom ett trollslag plötsligt försvann. Ingen skulle då ha naturvetenskapliga begrepp som t.ex. energi, ström, spänning, elektriska och magnetiska fält, atomer, molekyler, kemiska reaktioner, pH, DNA, virus, bakterier, blodomlopp och mycket annat, vilket i sin tur skulle leda till att det moderna samhälle som vi känner obehagligt vittrade sönder.

Genomförande

Vi har disponerat 60 minuter per elev för ett prov i något av ämnena biologi, fysik eller kemi samt 60 minuter för en elevenkät, dvs. 120 minuter per elev. Berörda lärare i de tre ämnena har besvarat en lärarenkät.

Några resultat

Elevernas kunskaper i biologi, fysik och kemi

- I medeltal är det cirka en fjärdedel av eleverna som år 2003 klarar respektive uppgift i *biologi* enligt uppställda kriterier. En nedgång med omkring tre procentenheter noteras sedan 1992.
- I medeltal är det cirka en tredjedel av eleverna som år 2003 klarar respektive uppgift i *fysik* enligt uppställda kriterier. En nedgång med omkring sju procentenheter noteras sedan 1992.
- I medeltal är det cirka en tredjedel av eleverna som år 2003 klarar respektive uppgift i *kemi* enligt uppställda kriterier. En nedgång med omkring tio procentenheter noteras sedan 1992.

Elevernas upplevelser av undervisningen

- Eleverna har en positiv upplevelse av sina lärare. Allra störst uppskattning röner läraren i biologi.
- Att växelspela med läraren är enligt eleverna påtagligt bättre för lärandet än att söka information i böcker, tidskrifter och med hjälp av dator.
- Flickorna tycker att biologi är viktigare, mer intressant och något lättare än pojkarna, för fysik och kemi är det tvärt om. Så var det även 1992.
- Flickorna tycker att biologi är påtagligt viktigare än fysik, som i sin tur anses något viktigare än kemin. Pojkarna tycker att biologi och fysik är lika viktiga och något viktigare än kemin.
- Flickorna är klart mer intresserade av biologi än av fysik och kemi. För pojkarna framstår alla NO-ämnen som lika intressanta. Så var det även 1992.
- Undervisningen är måttligt framgångsrik när det gäller att stimulera lust att vilja veta mer om sin omvärld.

Lärarna och skolans naturvetenskap

- Lärarna uttrycker trivsel och uppskattning i arbetet såväl 2003 som 1992.
- Lärarna tar år 2003 i mindre grad än 1992 avstånd från påståendet att arbetet är stressande.
- Lärarna håller inte med om att deras arbete erbjuder goda utvecklingsmöjligheter. Detta gäller både 1992 och 2003.
- Lärarna uttrycker höga ambitioner när det gäller olika mål för undervisningen. Ett genomgående drag är att dessa ambitioner är högre 2003 än 1992.
- Lärarna har lägre formell ämneskvalifikation 2003 än 1992 men akademiska poäng i fler ämnen.

Elevsvaren kommenteras ingående i rapporten. För den som vill veta mer om elevernas föreställningar och möjligheter att förstå den naturvetenskapliga undervisningen görs på olika ställen i rapporten hänvisningar till studiemateriel på Internet, som utvecklats vid vår arbetsenhet.

Värdering

I vårt uppdrag ingår att sätta upp kriterier för vilka elevsvar som är godkända respektive väl godkända, samt att värdera resultatet. Detta görs med förbehållet att en grupp på fyra personer naturligtvis inte kan vara en riksläkare som anger normer för bedömning. Men vi tror att vi, genom att vara tydliga med våra egna ståndpunkter, kan stimulera till en konstruktiv debatt om grundskolans undervisning i naturvetenskapliga ämnen.

Vi har ovan framhållit att den naturvetenskapliga kulturen är en nödvändighet för vårt samhälle, t.ex. för att underhålla infrastruktur, kartlägga miljöproblem, bota sjukdomar, utveckla lämpliga system för energianvändning och för att förstå det klot och det kosmos där vi har vårt hem. Skolan har som uppgift att förvalta, och bidra till utvecklingen av, denna naturvetenskapliga kultur, med allt vad detta innebär i ett demokratiskt samhälle. Därför är det naturligtvis inte bra att bara mellan en fjärdedel och en tredjedel av eleverna uppnår målen. Detta bör bli föremål för en ingående diskussion med utgångspunkt i att vi har att göra med ett systemproblem som berör statsmakten, lärarutbildningen, den utbildningsvetenskapliga forskningen, kommuner och skolorna med sina ledare, lärare och elever.

Vi påbörjar en sådan diskussion i rapportens sista del.

Referensram och bakgrund

1. Naturvetenskap i samhälle och skola

Naturvetenskapens utveckling

Två skeenden som haft avgörande betydelse för hur vårt nutida samhälle ser ut är naturvetenskapernas och den moderna teknikens utveckling. Den förra inleddes med den s.k. naturvetenskapliga revolutionen under 1600-talet, den senare med den industriella revolutionen under förrförra seklet. Vi börjar med att påminna om några viktiga ”milstolpar” i naturvetenskapens utveckling till och med 1800-talet. De är intressanta bl.a. därför att en stor del av grundskolans naturvetenskap hämtas från denna epok.

Fysik

- | | |
|------------|--|
| 1600 | William Gilbert: ”Om magneter, magnetiska kroppar och den stora magneten jorden”. |
| 1604–10 | Johannes Kepler ger ut två arbeten om geometrisk optik. |
| 1609 | Johannes Kepler: ”Den nya astronomin” (Keplers lagar för planetrörelse). |
| 1632 | Galilei Galileo: ”Dialog om de två världssystemen” (bl.a. förklaring av tidvattenrörelse). |
| 1660 | Robert Boyle visar att en luftmassas tryck vid konstant temperatur är omvänt proportionellt mot dess volym, den s.k. Boyles lag. |
| 1687 | Isaac Newton: ”Naturvetenskapens matematiska principer” (Newtons rörelselagar, begreppen kraft, massa och gravitation). |
| 1700-talet | Mekaniken utvecklas av Joseph Lagrange och Pierre de Laplace. |
| 1800 | Alessandro Volta konstruerar det galvaniska elementet. |
| 1800–03 | Thomas Young presenterar sin vågteori för ljuset. |
| 1831 | Michel Faraday upptäcker den elektromagnetiska induktionen. |
| 1842–47 | Julius von Mayer och James Joule lägger fram arbeten om energins bevarande. |
| efter 1850 | Kinetisk gasteori förklarar gasers makroskopiska egenskaper. |
| 1864 | James Clerk Maxwell: ”A dynamical theory of the electromagnetic field”. |

Kemi

- 1780-talet Antoine Lavoisier upptäcker att luft är en blandning av minst två gaser, vilka senare kommer att kallas syre och kväve, och beskriver förbränning som upptagande av luftens syre. Ämnet hade tidigare upptäckts av Carl Wilhelm Scheele och Joseph Priestly, oberoende av varandra. I Lavoisiers nya kemiska system betraktas ämnen som inte kan sönderdelas som grundämnen och alla andra som föreningar av två eller flera sådana. Grundämnena antas inte kunna omvandlas i varandra, och den nya kemins grundval blir principen om massans bevarande för varje enskilt grundämne.
- 1807 John Dalton lägger fram teorin att grundämnena är uppbyggda av osynligt små, odelbara atomer med en för varje grundämne karakteristisk massa.
- 1800-talet Begreppet molekyl formuleras och kunnande skapas om ämnen och kemiska reaktioner, uppfattade som omarrangering av atomer. Jöns Jacob Berzelius uppställde i början av seklet den första mer omfattande atommasstabellen.
- 1869 Dmitrij Mendelejev, och ett år senare och oberoende Lothar Meyer, uppställer periodiska systemet.

Biologi

- 1628 William Harvey upptäcker människans dubbla blodomlopp.
- 1661 Marcello Malpighi upptäcker med hjälp av det nykonstruerade mikroskopet att blodets övergång från artär till ven sker via kapillärer.
- 1735 Carl von Linné: "Systema naturae".
- 1771 Joseph Priestley upptäcker fotosyntesen.
- 1809 Jean-Baptiste de Lamarck inför en uppdelning av djurvärlden i ryggradsdjur och ryggradslösa djur och utarbetar en systematik för de senare som i sina huvuddrag kommit att stå sig till våra dagar. Han formulerar en evolutionsteori för att förklara arternas mångfald.
- 1859 Charles Darwin: "Om arternas uppkomst".
- 1800-talet Cellbegreppet etableras av bl.a. Rudolf Virchow, som slutgiltigt fastställer att varje cell bildas ur en tidigare existerande cell. Växtfysiologin utvecklas. Louis Pasteurs studier av mikroorga-

nismers roll i jäsnings- och förruttelseprocesser och som sjukdomsalstrare leder till att mikrobiologi blir en självständig gren av biologin. Genetiken grundläggs av Gregor Mendel.

Under 1900-talet har utvecklingen fortsatt i rask takt. Kvantfysiken och relativitetsteorin har etablerats och utvecklats. DNA-molekylen har upptäckts och kartläggningen av människans genom är långt framskriden. Kunskaperna om kosmos evolution och materiens minsta beståndsdelar växer. Geovetenskaperna är på stark frammarsch. Ett exempel är teorin om att jordskorpan och det översta skiktet av jordmanteln är uppdelad i segment, plattor, och hur dessa rör sig inbördes, ett annat utveckling av kunskaper om hur atmosfärens sammansättning påverkar jordens strålningsbalans.

Från början var naturvetenskapen i mycket stor utsträckning skild från tekniken, men nu är de båda kunskapsområdena sammanvävda. Naturvetenskaplig forskning kräver alltmer teknik och teknologin blir alltmer tvärvetenskaplig. Även mellan naturvetenskapliga discipliner sker idag ett stort utbyte och nya vetenskapsområden expanderar, exempelvis biofysik, biokemi och bioinformatik.

Problem och möjligheter

De båda samhällsomdanande krafterna naturvetenskap och teknik ger upphov till både problem och möjligheter. Omsättningen av materia och energi (t.ex. i explosionsmotorer och panncentraler) ökar och leder till att naturen påverkas alltmer. Exempel är skogsavverkning, utspridning av molekyllag i jord, luft och vatten, anrikning av molekyllag i näringskedjor, utrotning av arter, uttunning av ozonskiktet, befarad förändring av växthuseffekten, försämrad vattenkvalité. Det råder olika uppfattningar bland experter och intressegrupper om hur allvarliga dessa problem är och en debatt pågår. Avtal ingås, t.ex. det från Kyoto, som föreskriver en begränsning av utsläppsmängder för koldioxid. Vem ska minska? Hur ska det ske? Påverkar det mitt liv?

Molekylärbiologins genombrott reser en mängd etiska frågor angående t.ex. genmodifierade organismer, stamcellsutnyttjande och kloning. Kan och får man ta patent på liv? Vem får tillgång till denna nya teknik?

Nittionhundratalet har varit ett sekel med enorma framsteg. Världens människor har som helhet blivit betydligt rikare och allt bättre utbildade. Sjukvård och hygien har avsevärt förbättrats. Medellivslängden har mer än fördubblats. Men vi har också skapat många nya problem, som i media tenderar att målas i mörka färger. Naturligtvis skall problemen klarläggas. Men det gäller att göra

detta på ett sådant sätt att de möjligheter som faktiskt finns tydligt kommer fram i beskrivningen. Det vetenskapliga kunnandet om miljöfrågorna blir bättre och bättre. Att befolkningen ökar innebär att vi blir fler som kan skapa nytt kunnande och nya lösningar på olika problem. Detta kan förstärkas av goda möjligheter att kommunicera och god tillgång på information.

Aldrig tidigare har möjligheterna att förbättra tillståndet i världen varit större. Hur denna potential utnyttjas är bl.a. en fråga om tilltro till våra möjligheter att förbättra världen och vad och hur man prioriterar då politisk och ekonomisk makt utövas.

Naturvetenskapen och skolan

Varför och vad?

Vi hoppas att den historiska exposén och exemplet på problem och möjligheter visar att naturvetenskaplig undervisning är något som ett land måste ta på stort allvar. Å ena sidan handlar det om demokratisk styrning och kontroll av samhällets framtida väg, å andra sidan är det fråga om att vidmakthålla och utveckla den naturvetenskapliga kulturen. Om den förfaller påverkas hela samhället. Man behöver bara göra tankeexperimentet att allt naturvetenskapligt kunnande som finns ”i huvudet” på olika yrkesutövare och beskrivet i böcker och andra media genom ett trollslag skulle försvinna. Ingen skulle då ha naturvetenskapliga begrepp som t.ex. energi, ström, spänning, elektriska och magnetiska fält, atomer, molekyler, kemiska reaktioner, pH, DNA, virus, bakterier, blodomlopp och mycket annat, vilket i sin tur skulle leda till att det moderna samhälle som vi känner obevekligt vittrade sönder.

Hur ser då samhället på naturvetenskapen i skolan? Sjøberg¹ redovisar fyra vanliga argument för att undervisa om naturvetenskap:

Naturvetenskap i skolan är motiverad därför att den

- är en för samhället lönsam förberedelse för yrke och utbildning (ekonomiargument)
- är bra att ha för att praktiskt klara av att bemästra vardagslivet (nyttargument)
- behövs för initierad åsiktsbildning (demokratiargument)
- är en viktig del av människans kultur (kulturargument).

Det råder också viss konsensus om att tre dimensioner av naturvetenskapen bör beaktas i undervisningen, nämligen naturvetenskapen som produkt, process och mänsklig aktivitet. Produktsynen innebär att man undervisar om den

¹ Sjøberg, S. (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.

naturvetenskapliga forskningens resultat eller produkter, dvs. fakta, modeller och teorier. Om man ser naturvetenskapen som process blir även undersökningsmetoder och historisk utveckling av betydelse. Man vill kommunicera inte bara vad fysik, kemi och biologi kommit fram till, utan också hur kunskapen uppstår och utvecklas.

Naturvetenskap som mänsklig aktivitet innefattar de personer som är verksamma. Naturvetenskapen blir inte bara en intellektuell process eller produkt, utan också människor med fel och förtjänster, med känslor och drömmar. Det öppnar möjligheter att anlägga mångkulturella aspekter. De människor som bedriver naturvetenskap är inte bara ”västerländska män i vita rockar”, vilket är en relativt vanlig stereotyp. Det är både kvinnor och män. Det är kineser, indier, japaner, ryssar. I naturvetenskapens historia intar islamsk kultur en framskjuten plats.

Till det mänskliga perspektivet hör också att naturvetenskapen är en del av samhället. Dess verksamhet är inte okontroversiell. Den kan exempelvis ge upphov till etiska problem som berör gemene man. En annan samhällsaspect är frågor om vem som har makten över naturvetenskapens produkter och processer och hur denna makt utövas. Allt detta motiverar att en kritisk och värderande inställning till naturvetenskapens roll ges utrymme i undervisningen.

Sjöberg² menar att om t.ex. demokratiargumentet är viktigt så medför detta att man betonar såväl produkt och process som mänsklig aktivitet i undervisningen. Om däremot ekonomiargumentet är det styrande, så blir det mindre viktigt att ta upp naturvetenskap som mänsklig aktivitet. Håller läsaren med?

Ämnesdidaktisk forskning

I slutet av förra århundradet gjordes internationellt och i Sverige ett mycket stort antal undersökningar om hur elever uppfattar och resonerar om olika naturvetenskapliga företeelser, såsom växters växande, optiska fenomen, elkretsar, materieomvandlingar och livets utveckling³. Den allmänna bild som framkommit är att eleverna innan undervisning, och i stor utsträckning även en tid efter, använder vardagsföreställningar som historiskt hör hemma före den vetenskapliga utveckling som vi beskrev inledningsvis. Detta belyser lärarens problematik på ett nytt sätt – han/hon slits mellan vardagstänkandet, som måste be-

² Ibid.

³ Se t.ex. <http://na-serv.did.gu.se> för många exempel och fylligt materiel för bl.a. självstudier.

aktas, och den nutida vetenskapen med sina problem och möjligheter. Svåra frågor inställer sig, t.ex.:

- Är det rimligt och lämpligt att undervisa om DNA om eleven inte har begrepp om kroppens anatomi och fysiologi på olika organisationsnivåer?
- Behöver man ha begrepp om atomer, molekyler, massans bevarande och kemiska reaktioner innan man studerar miljöfrågor som handlar om utspredning och påverkan av föroreningar?
- Är det meningsfullt att undervisa om spännande objekt och fenomen i vårt stora kosmos om eleverna har oklara begrepp om vårt planetsystem, inklusive jordklotets placering och olika rörelser?

Den generella frågan är om man kan hoppa över den klassiska naturvetenskapen från 16-, 17- och 1800-talet och i stället undervisa om den moderna eller om man måste ha en grund i den förra, och i så fall vilken?

Forskningen om elevers uppfattningar och sätt att resonera om naturvetenskapliga fenomen har på senare år börjat användas för att utveckla och pröva undervisningssekvenser. Vunna resultat hittills ger anledning till en viss optimism, men som alltid finns det ett pris att betala. Läraren som använder och försöker vidareutveckla olika innovationer, t.ex. undervisningssekvenser, höjer undervisningssekvenser, måste arbeta för att höja sin ämnesdidaktiska kompetens⁴, till vilken hör både att i grunden själv förstå undervisningsinnehållet och att vara insatt i relevanta ämnesdidaktiska forskningsresultat.

Lärarens uppgift

Den naturvetenskaplige lärarens uppgift i skolan är som nyss framgått långt ifrån lätt. Han/hon skall undervisa om ett sedan 1600-talet expansivt kunskapsområde, som rymmer en hel del av människans främsta intellektuella prestationer. Till saken hör att dessa till sitt innehåll går vida över våra vardagliga uppfattningar om världen. Det krävs tankemöda för att erövra naturvetenskapen, vilket inte är så lätt att få elever att förstå och uppskatta. Någon karaktäriserade lärarens ställning mellan elevernas vardagstänkande och den framrusande naturvetenskapen så här: "Teaching Newtonian mechanics to Aristotelian minds in the days of quantum operators." Till saken hör också att samhället tenderar att önska sig mer och mer av skolan och dess lärare, samtidigt som resurstilldelning och stöd i form av lämplig forskning om hur man kan undervisa för att bättre uppnå givna mål är knapphändig.

⁴ Zetterqvist, A. (2003). Ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi. En intervjuundersökning med no/biologilärare. *Göteborg studies in educational sciences*, 197. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

Ett uttryck för höga ambitioner är målen i gällande kursplaner. Dessa är indelade i tre kategorier, nämligen mål beträffande kunskap om natur och människa, den naturvetenskapliga verksamheten och kunskapens användning. Dessa kategorier motsvarar ungefär naturvetenskap som produkt, process och mänsklig aktivitet. En annan kategorisering är mål att sträva mot, respektive mål att uppnå i skolår 5 och 9. Mål anges för de naturorienterande ämnena gemensamt och för vart och ett av ämnena biologi, fysik och kemi. Sammanlagt blir det 125 mål som NO-läraren har att beakta och förhålla sig till. Se tabell 1.1!

Tabell 1.1 Mål för grundskolans naturvetenskap, fördelade på målkategorier och ämnen.

Kategori	mål att sträva mot för...				mål att uppnå i skolår 5 resp 9 för...							
	NO-ämnena gemensamt	bio- logi	fysik	kemi	no gem		biologi		fysik		kemi	
					5	9	5	9	5	9	5	9
kunskap om natur och människa	1	5	4	5	2	3	6	10	5	9	3	4
den naturvetenskapliga verksamheten	4	2	2	2	3	4	2	3	2	2	2	4
kunskapens användning	3	2	2	2	3	4	3	4	1	4	2	6

De flesta målen är innehållsrika. Ett för NO-ämnena gemensamt mål som eleverna skall ha uppnått i slutet av det nionde skolåret är t.ex. att

ha kunskap om naturliga kretslopp och om energins flöde genom olika naturliga och tekniska system på jorden

Ett fysikmål att sträva mot är att eleven

utvecklar sin förmåga att göra kvantitativa, kvalitativa och etiska bedömningar av konsekvenser av mänskliga verksamheter och olika tekniska konstruktioner från miljö-, energi- och resurssynpunkt

Cirka hälften av målen tillhör kategorin ”natur och människa” vilket är en indikation på att kunnande om naturvetenskapens begrepp och teorier är högt prioriterat. Detta är helt naturligt, eftersom övriga mål bygger på detta kunnande. De många målen i tabellen är relaterade till varandra också på andra sätt. Exempelvis råder ofta en hierarkisk relation mellan strävansmål och mål att uppnå.

Med dessa inledande synpunkter hoppas vi att vi påverkat läsaren i riktning mot att tycka att nationell utvärdering av grundskolans naturvetenskap både är intressant, spännande och viktig. Grundfrågan är hur skolan lyckas med sin uppgift att förvalta, och bidra till utvecklingen av, den naturvetenskapliga kulturen. Denna kultur är en nödvändighet för vårt samhälle, t.ex. för att strukturera miljöproblem, bota sjukdomar, utveckla lämpliga system för energianvändning och för att förstå det klot och det kosmos där vi har vårt hem.

2. Syfte, avgränsningar och inriktning

Syfte

Huvudsyftet med Skolverkets projekt ”Nationell Utvärdering 2003” (NU 03) är att på ett överskådligt och jämförbart sätt teckna en nationell bild av måluppfyllelsen i grundskolan, sett i ett tioårigt perspektiv. I detta arbete ingår att undersöka måluppfyllelsen i olika ämnen, vilket har gjorts i ett tiotal olika projekt. Ett av dessa gäller biologi, fysik och kemi. Det beskrivs i denna rapport.

För att uppfylla syftet behöver man för det första undersöka måluppfyllelse i förhållande till nuvarande läroplan (Lpo 94) och kursplaner (Kp 2000). Vidare behöver man göra jämförelser med resultat från tidigare nationella utvärderingar. Dessa är ”Nationell Utvärdering 1992 (NU 92) och ”Utvärdering av Grundskolan 1995 (UG 95). Jämförelsen behöver göras så kontrollerat som möjligt, vilket åstadkoms genom att samma eller likartade provuppgifter och enkätfrågor används i den utsträckning som är rimlig och möjlig.

Avgränsningar

Förutom det angivna syftet är det två ramfaktorer som begränsar vad som varit möjligt för oss att göra. Den ena är en relativt kort förberedelsestid, knappt ett år. Den andra är den tid som vi fått disponera eleverna, nämligen 60 minuter per elev för ett prov i något av ämnena biologi, fysik eller kemi samt 60 minuter för en elevenkät, dvs. 120 minuter per elev.

Vi inledde arbetet med att studera de naturvetenskapliga delarna av NU 92 och UG 95. Ett första intryck var att de uppgifter som där använts låg väl i linje med kursplanemål i Kp 2000. Uppgifterna kändes heller inte otidsenliga, vilket inte är så konstigt eftersom innehållet gäller grundläggande vetenskapliga insikter om naturen, som inte förändrats nämnvärt under en tioårsperiod. Men alla tidigare uppgifter var inte möjliga att använda på grund av den korta tilldelade elevtiden.

Fokus på begreppsförståelse

En avgränsning som gjordes 92 och 95 var att fokusera begreppsförståelse. Våra argument då för detta fokus var att naturvetenskaplig undervisning i stor utsträckning går ut på att eleven skall utveckla begreppsförståelse för att bättre begripa omvärlden. Oavsett hur den naturvetenskapliga undervisningen organiseras är det önskvärt att den leder till en varaktig begreppslig behållning. Om inte detta sker har eleverna inga naturvetenskapliga tankeverktyg med vilka nya situationer i framtiden kan förstås, t.ex. miljöproblem.

Vi tycker att denna argumentering fortfarande är hållbar. I förra kapitlet visade vi att av de 125 mål som styr grundskolans naturvetenskapliga undervisning gäller cirka hälften kunskap om begrepp och teorier. Vi är dock medvetna om att en hel del andra aspekter är viktiga i den naturvetenskapliga undervisningen. En sådan är naturvetenskapens sätt att arbeta, t.ex. att pröva teorier med experiment. En annan är den historiska dimensionen, som kan hjälpa eleven till förståelse av att begrepp och teorier är mänskliga konstruktioner snarare än absolut sanna avbildningar av naturen. Växelspelet naturvetenskap-teknik-samhälle är ytterligare ett betydelsefullt inslag, till vilket hör det tidigare nämnda målet att eleven skall utveckla sin förmåga att göra bedömningar av olika konsekvenser av mänskliga verksamheter och olika tekniska konstruktioner från miljö-, energi- och resurssynpunkt.

Vi skulle gärna försöka oss på att utveckla metoder för att mäta andra aspekter av naturvetenskaplig undervisning än förståelse av begrepp och teorier. Det har dock inte varit möjligt att göra detta inom ramen för NU 03 av två skäl. Det ena är tids- och resursbrist. Det andra är syftet att studera måluppfyllelse i ett tioårigt perspektiv – ju fler nya uppgifter som vi använder, desto fler från 92 och 95 måste vi utesluta, vilket minskar möjligheterna till jämförelser över tid.

Till detta vill vi lägga att det prov i problemlösning⁵ som ingår i NU 03 kan ge kompletterande information om måluppfyllelsen när det gäller grundskolans naturvetenskap. Detta prov beaktar nämligen både mål som gäller att använda kunskaper för att ta ställning i värdefrågor och naturvetenskaplig verksamhet.

Begreppsbildning har länge betonats i den internationella diskussionen om naturvetenskaplig bildning. Så här skrev t.ex. Robert Karplus, professor i teoretisk fysik vid Berkeleyuniversitetet, för 30 år sedan⁶ :

...de tidiga skolåren skall erbjuda ett tillräckligt omväxlande program som är fyllt av konkreta erfarenheter. Det svåra, och det som ofta förbises, är att de konkreta erfarenheterna måste presenteras i ett sammanhang som hjälper eleverna att bygga upp en begreppsstruktur. Då, och endast då, kommer det tidiga lärandet att utgöra en grund för assimilering av erfarenheter som kommer senare, erfarenheter som innefattar antingen direkt observation eller rapporter om observationer som är

⁵ Kärrqvist, C., & West, E. (2005). *Nationell utvärdering av grundskolan 2003. Grundskoleelevers färdigheter i problemlösning*. Stockholm: Skolverket.

⁶ Karplus, R. (1965). *Theoretical background of the Science Curriculum Improvement Study*. Berkeley: Lawrence Hall of Science.

gjorda av andra. Med andra ord – för att kunna använda information som andra har erhållit, för att ha utbyte av att läsa böcker och andra källor, så måste individen ha en begreppsstruktur och ett medel att kommunicera, som gör det möjligt att tolka information som om han hade skaffat sig den själv. Jag kommer att kalla denna funktionella förståelse av naturvetenskap för ”naturvetenskaplig bildning” (scientific literacy).

Denna uppfattning, som även uttrycker en viktig intention med den naturvetenskapliga undervisningen enligt såväl Lgr 80 och Lpo 94, understryker betydelsen av att eleven har en generell begreppsförståelse som kan användas i nya situationer, t.ex. då man läser tidningar, ser på TV eller diskuterar med andra. Det sagda kan sammanfattas med en metafor: Begreppen är individens redskap för att tillfredsställa sin vetgirighet.

Andra avgränsningar

Vi har i görligaste mån valt att utvärdera ett mindre antal målområden med något fler uppgifter än ett större antal med få eller bara en uppgift. Det förefaller oss bättre att få en något fylligare kännedom om elevernas kunskaper och eventuella svårigheter att förstå inom några områden än en mer uttunnad kunskap som spänner över ett större fält. De områden som vi valt är i korthet följande:

Biologi

fotosyntes och förbränning
evolution
människokroppen
cellen

Fysik

materiens former
energi
geometrisk optik

Kemi

ämnen
materiens byggnad
kemiska reaktioner

En annan avgränsning är att vi valt att använda enbart s.k. papper- och pennauppgifter. Dessa har getts till eleverna antingen via Internet eller som häften att skriva i.

Kvalitativ inriktning⁷

När det gäller bearbetning av elevsvar kan man välja en kvantitativ eller kvalitativ inriktning eller en kombination av båda. En kvantitativ ansats innebär att svar poängsätts. Om poängsummor relateras till varandra kan man få reda på att en elev, klass, skola eller nation kan och vet mer eller mindre än andra

⁷ Argumenten i detta avsnitt formulerades 1992. Se Andersson, B., Emanuelsson, J., & Zetterqvist, A. (1993). *Nationell utvärdering – åk 9. Vad kan eleverna om materia?* (NA-SPEKTRUM, nr 5). Malmö: Göteborgs universitet, Inst. för ämnesdidaktik.

elever, klasser, skolor och nationer i relation till ett givet test. Detta kan ha sitt intresse att känna till. Poängtal kan också användas vid mer avancerade statistiska analyser, t.ex. av vilka bakgrundsfaktorer som eventuellt kan ha betydelse för ett bra resultat.

Vår erfarenhet är att analys av elevsvar med kvalitativa metoder såsom kategoriseringar kan ge rikare och för den intresserade läsaren mer värdefull information än poängtal, både när det gäller att beskriva såväl elevernas kunskande vid ett givet tillfälle som deras kunskapsutveckling. Jämför t.ex. följande två utsagor:

- I skolor 9 har elever i kommun X i medeltal 5 poäng på ett test i ellära. I åk 3 på gymnasiet är resultatet på samma test 11 poäng.
- I skolor 9 använder många elever en källa-förbrukarmodell för elkretsar. De tänker sig t.ex. att ström förbrukas och behandlar krets-element som enpoliga. I år 3 på gymnasiet dominerar en sluten kretsmodell, men eleverna betraktar spänning som en egenskap hos strömmen.

Den senare beskrivningen är mer informativ för läraren, i synnerhet när innebörden ytterligare konkretiserats med exempel på elevsvar. Med andra ord kan man säga att en kvalitativ ansats fokuserar hur eleverna resonerar och vad detta betyder, en kvantitativ hur mycket de kan och om svaren är rätt eller fel.

Vid utvärderingarna 1992 och 1995 bestämde vi oss för en kvalitativ inriktning på vårt arbete. I huvudsak innebar detta att vi i pilotstudier prövade öppna uppgifter, dvs. sådana som eleverna själva skriver svar till. Svaren försökte vi att kategorisera. Då vi fick fram få och tydliga kategorier för en uppgift gjordes den ibland om till en flervalsfråga med de funna kategorierna som alternativ.

En konsekvens av våra tidigare beslut om en kvalitativ inriktning är att vårt delprojekt i NU 03 också får en kvalitativ inriktning. Många av våra uppgifter är av typ öppet svar, som kategoriseras av oss. En konsekvens av vår kvalitativa inriktning är att vi betraktar svarsbilden på varje enskild uppgift som en viktig möjlighet att skapa kunskande. Ofta ger ett noggrant studium av svaren intressanta inblickar i elevernas sätt att resonera och därmed också uppslag till förbättringar av undervisningen i smått och stort.

Ovanstående innebär inte ett avståndstagande från kvantitativa metoder i allmänhet och poängsättning i synnerhet. Vår analys av elevsvar är visserligen i stor utsträckning kvalitativ, men kvantitativa metoder kommer också till användning.

3. Metodproblem

Vems mål utvärderas?

Den som utvärderar måste göra tolkningar och preciseringar av läro- och kursplaner, vilket är i enlighet med Skolverkets anvisningar om ”deltagande målstyrning”. Följaktligen är det vår egen tolkning av de nationellt angivna målen som utvärderas. Vi har dock gjort vårt bästa för att de uppgifter som ingår i våra ämnesprov av NO-lärare skall upplevas som rimliga test på huruvida olika mål är uppnådda eller ej. År 1992 och 1995 beaktade vi problemet på följande sätt:

- Råd inhämtades kontinuerligt från en mindre referensgrupp av erfarna högstadielärare.
- Några lärarutbildare bedömde våra förslag till uppgifter.
- Befintliga läromedel studerades

År 2003 har vi beaktat följande;

- Läromedelsanalyser har gjorts.
- Mellan 15 och 24 NO-lärare på grundskolan har i detalj bedömt 15 av våra uppgifter i samband med kurser i utvärdering som vi gett 2001 och 2002. (I kursen ingick att studera de nationella utvärderingarna från 1992 och 95). Följande aspekter bedömdes med hjälp av en femgradig skala:

Uppgiften ...

löses genom att eleven minns	1 2 3 4 5	tänker och förstår
är tråkig och fantasilös	1 2 3 4 5	rolig och stimulerande
prövar oviktig kunskap	1 2 3 4 5	viktig kunskap
är lätt vid förberett prov	1 2 3 4 5	svår vid förberett prov
är lätt vid oförberett prov	1 2 3 4 5	svår vid oförberett prov

Vidare bedömde lärarna om uppgiften var

dålig 1 2 3 4 5 bra

i tre olika sammanhang, nämligen *egen undervisning*, *förberett prov* eller *oförberett prov* för att utvärdera långsiktig kunskapsbehållning.

Detaljerna av denna bedömning framgår av bilaga 1. Den översiktliga resultatbilden är att lärarna anser att uppgifterna prövar förståelse (3,9) av viktiga (4,2) kunskaper, att de är lagom svåra vid förberett prov (3,0) och erbjuder en viss svårighet vid oförberett prov (3,7). Lärarna tycker att uppgifterna är bra att använda i sin egen undervisning (4,3), vid förberett prov (4,0) och oförbe-

rett prov (3,9). Uppgifterna är i viss mån roliga och stimulerande (3,6). (Inom parenteserna anges medelvärden på de femgradiga skalor som använts.)

På basis av det nu sagda anser vi att våra uppgifter har en förankring i undervisningspraxis. Vi hoppas att den lärare-läsare som gör annorlunda måltolkningar än vi likväl ser denna rapport som ett bidrag till kunskapsbildningen på området. Exempelvis har man möjlighet att jämföra sina egna mål och utvärderingen av dessa med våra analyser och resultat, vilket kan leda till nya insikter och uppslag.

Innehållsvaliditet

Vår uppgift är att mäta i viken utsträckning målen för grundskolans naturvetenskap uppnås. Gör vi detta? Svaret är ”ja, delvis”, eftersom den s.k. innehållsvaliditeten är begränsad. Av kursplanernas tre överordnade målaspekter undersöker vi en, nämligen ”natur och människa”. Vi prövar drygt tio mål att uppnå, vilka i sin tur är relaterade till nästan lika många mål att sträva mot. Alla dessa mål är valda med omsorg, men vi kan inte hävda god innehållsvaliditet i förhållande till alla mål som gäller för grundskolans naturvetenskapliga ämnen.

En annan aspekt av problemet med innehållsvaliditet är att det finns både överordnade läroplansmål och ämnesspecifika kursplanemål, vilka tillsammans utgör en helhet. Testuppgifterna borde därför återspegla både ämnes- och läroplansmål, kan man tycka. Våra uppgifter gör detta i viss utsträckning, särskilt när det gäller läroplansmålet att

skolan skall sträva efter att varje elev tillägnar sig goda kunskaper inom skolans ämnen och ämnesområden.

Men ett annat läroplansmål, som vi inte mäter, är t.ex. att skolan skall sträva mot att varje elev

befäster en vana att självständigt formulera ståndpunkter grundade på såväl kunskaper som förnuftsmässiga och etiska överväganden.

En testsituation i linje med detta mål kan vara att läsa en tidningsartikel, förstå vad den handlar om och resonera sig fram till en självständig ståndpunkt, på egen hand eller i en grupp. Artikelns antas kräva ett naturvetenskapligt kunnande för att bli begriplig. Andra situationer kan vara att se ett TV-program, ta del av en utredning i lämpligt tillrättalagd form etc. På grund av projektets syfte och ramar har det inte varit möjligt att utveckla denna typ av mätinstrument.

Mäter våra uppgifter förståelse?

Vår tolkning av den uppgift vi har är att vår mätning av måluppfyllelse i huvudsak skall avse förståelse. Mäter våra uppgifter detta? De lärare som omtalades i förra avsnittet anser så. På en femgradig skala, som går från minnas och återge (1) till tänka och förstå (5), blir medelvärdet 3,9. Det kan ses som en extern validering av 15 av våra uppgifter. Vi har också använt våra kunskaper om den internationella forskningen om elevers olika svårigheter att förstå skolans naturvetenskap då uppgifterna konstruerades⁸. Detta är ytterligare ett argument för att de prövar förståelse.

Utvecklingsvaliditet

Vid utvärderingarna 1992 och 1995 har vi haft ambitionen att genomföra utvärderingen på ett sådant sätt att den undervisande läraren får stimulans i sitt tänkande och handlande. Om man lyckas i detta uppsåt bidrar man till att grundskolans naturvetenskapliga undervisning utvecklas på ett positivt sätt. Med andra ord kan man säga att vi strävat efter god *utvecklingsvaliditet*. Uttryck för denna strävan har varit att vi kopplat våra testuppgifter till den internationella forskningen om elevtänkande, att vi använt kvalitativa analysmetoder och att vi diskuterat elevsvaren ur undervisningssynpunkt.

Också 2003 strävar vi efter god utvecklingsvaliditet. Vi använder fortfarande kvalitativa analyser och gör undervisningsinriktade kommentarer till enskilda uppgifter. Vi ger också referenser till olika arbeten, inte minst ett antal ”workshops” utarbetade av projektet NORDLAB-SE⁹ och lätt tillgängliga via Internet, som kan ge läsaren ökade insikter i elevernas svårigheter och möjligheter att lära naturvetenskap.

Vi har också förhoppningar om utvecklingsvaliditet i förhållande till statsmakten, dvs. att de resultat och analyser som vi redovisar används för att förbättra lämpliga delar av ”systemet för skolans naturvetenskapliga undervisning”.

Om generalisering av resultat

Frågan om innehållsvaliditet är kopplad till ett generaliseringsproblem på tre nivåer. Problemet kan uttryckas så här:

Om resultaten av våra ämnesprov är bra eller dåliga, kan vi då säga att
1. läroplanens mål

⁸ Andersson, B. (2001). Elevers tänkande och skolans naturvetenskap. Stockholm: Skolverket.

⁹ Se <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/se.html> NORDLAB-SE har finansierats av Utbildningsdepartementet och dåvarande Skolverket.

2. kursplanernas mål för NO-ämnena biologi, fysik och kemi

3. de mål som vi faktiskt utvärderar

är bra eller dåligt uppfyllda?

Med hänvisning till vad som nyss sagts om bristande innehållsvaliditet när det gäller nivåerna 1 och 2 finns det skäl att vara försiktig med att dra generella slutsatser om måluppfyllelse på basis av erhållna resultat. Hur är det då med nivå 3? Också i detta sammanhang finns ett generaliseringsproblem av liknande art som de nyss nämnda. Om eleverna svarar bra på några uppgifter om geometrisk optik, kan vi då säga att deras kunskaper inom området generellt sett är bra? Om vi noterar tecken på en viss form av vardagstänkande i svaret på en uppgift, kan vi då säga att det finns också i andra sammanhang? Vi försöker hantera detta problem på två sätt. Dels koncentrerar vi oss som sagt på ett mindre antal målområden och belyser dessa med åtminstone några uppgifter i stället för att försöka utvärdera många kursplanemål med enstaka uppgifter. Dels relaterar vi vunna resultat till den internationella forskningen om elevers begrepp och tänkande angående naturvetenskapliga fenomen. Båda dessa åtgärder kan öka tillförlitligheten av generella slutsatser angående vad elever kan och vilka svårigheter de har att förstå inom det studerade målområdet.

Korrelation eller kausalitet?

NU 03 är som helhet ett mycket stort projekt. Hundratals variabler undersöks med olika metoder gällande elever, lärare, skolor och föräldrar. Ofta ger rena beskrivningar av erhållna resultat mycket av vikt och intresse, t.ex. angående vad elever kan bra eller mindre bra, vad de tycker om undervisningen och hur lärarna upplever sitt arbete. Den som är kunnig i avancerade statistiska metoder kan också undersöka korrelationer mellan två variabler, samtidigt som andra variabler hålls konstanta. Anta t.ex. att man då hittar ett positivt samband mellan lärarens ämneskunskaper mätt med antal universitetspoäng, och elevernas provresultat. Det är väl ett ganska naturligt resultat kan man tycka. Ju mer läraren kan, desto mer lär sig väl eleverna? Steget från korrelation till kausalitet är dock inte så enkelt. Alternativa förklaringar måste kunna uteslutas. Kanske är det så att lärare med höga poängtal söker sig till skolor med motiverade elever och gynnade sociala omgivningar och vid ansökningen konkurrerar ut dem med färre poäng?

Ett annat problem är vilka slutsatser man kan dra av att det inte finns en korrelation mellan två variabler. Anta att man inte hittar något samband mellan lärarens ämneskunskaper mätt med antal universitetspoäng, och elevernas

provresultat. Helt naturligt, kanske någon tycker. Ämneskunskaper är inte så viktigt. Det väsenliga är lärarens förmåga att inspirera eleven att lära sig själv. Men bakom detta kan finnas mekanismer som inte fångas upp av de enkäter och tester som används. Exempelvis kan tjänstefördelningar utformas så att läraren med många universitetspoäng i ett ämne måste ägna så stor del av sin undervisningstid åt ämnen i vilka han/hon har färre poäng, att hans/hennes spetskompetens bara marginellt utnyttjas.

National Research Council (NRC) i USA har nyligen publicerat ett arbete kallat *Scientific Research in Education*.¹⁰ I detta påpekas med emfas att korrelation inte är detsamma som kausalitet:

"...associations cannot be used to infer cause. However, there is a common tendency to make unsubstantiated jumps from establishing a relationship to concluding a cause.

Trots att utbildningsvetenskaplig forskning förekommit i åtskilliga decennier anser NRC uppenbarligen att det är befogat att göra denna kommentar, som hör till metodundervisningens elementa. Vår egen erfarenhet är att det ibland kan vara förledande lätt att projicera sina "favoritföreställningar" på erhållna korrelationer utan ingående analys av alternativa tolkningar.

En annan fråga är hur kunskap om ett troligt orsakssamband mellan två variabler skall användas till att förbättra skolsystemet. För detta krävs kunskap om de detaljerade mekanismer som gör att det blir en viss verkan av en viss orsak. För att klarlägga dessa mekanismer behövs en annan typ av forskning än den som NU 03 genomför, t.ex. fallstudier gjorda med deltagande observation under längre tidsperioder.

Vi har valt att prioritera beskrivning och analys av elevsvar uppgift för uppgift utifrån våra kunskaper och erfarenheter, som forskare och lärare, av grundskolans naturvetenskapliga undervisning. Med detta som grund försöker vi skapa helhetsbilder.

Nationell utvärdering är ett okontrollerat experiment

En nationell utvärdering är inte ett kontrollerat experiment. I princip kan man därför inte dra slutsatsen att goda resultat beror på undervisningen. Det finns ju ingen kontrollgrupp som inte undervisats. Däremot kan mindre goda resultat alltid motivera förbättringar. Vi anser att detta problem beror av ämne. Ett gott resultat i engelska kan delvis förklaras med att eleverna hör engelska talas

¹⁰ National Research Council. (2002). *Scientific research in education*. Washington, DC: National Academy Press.

på film och i TV, lyssnar på och sjunger poplåtar, pratar engelska med jämnåriga etc. För naturvetenskap är situationen en annan. Jämfört med engelska möter våra ungdomar i mindre utsträckning naturvetenskapligt kunnande i sitt dagliga liv på ett sådant sätt att deras förståelse av fysik, kemi och biologi varaktigt förbättras. Mot denna bakgrund bedöms sannolikheten vara hög för att bra resultat beror på skolans naturvetenskapliga undervisning.

Om värdering av resultat

Som framgår av namnet på vår verksamhet gäller den att värdera grundskolans naturvetenskapliga undervisning. Naturligtvis skall detta ske i form av en bred och allsidig diskussion. Projektgruppens primära roll i sammanhanget är att skapa förutsättningar för andra att värdera. Vår linje är därför att så tydligt som möjligt redovisa de olika stegen i arbetet – från utgångspunkter till slutsatser – så att det är möjligt för läsaren att hela vägen göra kritiska bedömningar.

En komplikation är vad man skall mena med bra och dåligt resultat. Man kan fundera över detta från två helt olika utgångspunkter. Den ena är uppsatta mål, som man naturligtvis hoppas att de flesta elever uppnår. Den andra utgångspunkten är antagandet att eleverna innan undervisningen bara har vardagskunnande, dvs. inget naturvetenskapligt kunnande alls. I detta perspektiv är t.ex. resultatet att 30 procent av eleverna (dvs. cirka 30 000 av en årskull) svarar rätt på en uppgift ett tecken på en betydande framgång.

Med det nu sagda i minnet kommer vi att redovisa vår värdering av de resultat vi fått. Vi kommer att ange kriterier för svar som vi anser vara på ”godkänd” respektive ”väl godkänd” nivå och värdera dessa i förhållande till de mål som undersöks. Kanske kan detta stimulera läsaren att med eftertanke göra sin egen värdering, och fundera över vad den innebär för det system som har ansvar för de resultat som uppnås i skolan, dvs. statsmakten, lärarutbildningen, den utbildningsvetenskapliga forskningen, kommuner och skolorna med sina ledare, lärare och elever och föräldrar.

4. Mål, uppgifter och urval

Som framgått av kapitel 1 är målen för de naturorienterande ämnena grupperade i tre olika kategorier:

- kunskap om natur och människa
- naturvetenskaplig verksamhet
- kunskapens användning

I kapitel 2 och 3 har vi förklarat varför vi i huvudsak utvärderar mål i den första kategorin och vad detta innebär när det gäller innehållsvaliditet och möjligheter att generalisera vunna resultat. I detta kapitel redovisar vi de mål för ämnen biologiska, fysik och kemi som vi prövar och vilka uppgifter som används för detta. Sedan beskrivs de undersökningsgrupper som ingår i vår studie samt bortfall.

Biologimål och -uppgifter

Det överordnade strävansmålet för alla NO-ämnena angående området ”kunskaper om natur och människa” är att

eleven tilltror och utvecklar sin förmåga att se mönster och strukturer som gör världen begriplig samt stärker denna förmåga genom muntlig, skriftlig och undersökande verksamhet

Biologins roll när det gäller detta mål är att undervisa om fyra centrala dimensioner som karakteriserar biologifämnet, nämligen ekosystem, biologisk mångfald, cellen och människan. Ett överordnat perspektiv på allt detta är att biologiska system förändras över tid – de evolverar. Strävansmålen i biologi beträffande natur och människa går ut på att eleven skall utveckla kunskaper om dessa dimensioner.

Biologifämnet bidrar till det överordnade målet om att eleven skall utveckla sin förmåga att se mönster och strukturer som gör världen begriplig uttrycks i följande strävansmål:

- utvecklar kunskap om olika livsformer och deras betingelser
- utvecklar kunskap om organismernas samspel med varandra och med sin omgivning
- utvecklar kunskap om människokroppens byggnad och funktion
- utvecklar kunskap om pubertetens inverkan på individen
- utvecklar kunskap om livets villkor och utveckling och kan se sig själv och andra livsformer i ett evolutionsperspektiv

De tre första och det sista målet målen ingår i denna utvärdering.

Nästa steg i målhierarkin är de mål som eleverna skall ha uppnått i slutet av det nionde skolåret. Vilka av dessa vi har utvärderat, och med vilka uppgifter, redovisas i tabell 4.1. Uppgifternas exakta ordalydelse framgår av kapitel 5.

Tabell 4.1 Biologiuppgifter fördelade på mål att uppnå i skolår 9. Ny: uppgiften har inte getts 1992 eller 1995.

Mål att uppnå i skolår 9	Uppgift	
ha insikt i fotosyntes och förbränning	1. Var sker fotosyntes?	flerval
	2. Hur ändras gasblandningen?	flerval
	3. Varifrån kommer biomassan?	öppen
	4. Varför blir komposten mindre och varm?	öppen
	5. Vad händer med atomerna i det döda djuret?	öppen
känna till grunddragen i livets utveckling	6. Hur blir det nya ärftliga egenskaper? (ny)	flerval + motivering
	7. Varför har geparderna blivit snabbare? (ny)	öppen
ha kännedom om den egna kroppens organ och organsystem samt hur de fungerar tillsammans	8. Hur cirkulerar bloddroppen?	flerval
	9. Vad gör hjärtat?	flerval
	10. Vad händer med inandningsluften?	öppen
	11. Vad ger energi till kroppen?	flerval
	12. Var frigörs energin i maten?	öppen
ha kännedom om hur celler är byggda och hur de fungerar	10. Vad händer med inandningsluften?	öppen
	12. Var frigörs energin i maten?	öppen

Fysikmål och -uppgifter

Fysikämnet bidrar till det överordnade målet om att eleven skall utveckla sin förmåga att se mönster och strukturer som gör världen begriplig uttrycks i följande strävansmål:

- utvecklar kunskap om grundläggande fysikaliska begrepp inom områdena mekanik, elektricitetslära och magnetism, optik, akustik, värme samt atom- och kärnfysik
- utvecklar kunskap om energi och energiformer, energiomvandlingar och energikvalitet samt samhällets energiförsörjning
- utvecklar kunskap om olika slag av strålning och dess växelverkan med materia och levande organismer

- utvecklar kunskap om fysikens världsbild utgående från astronomi och kosmologi

De två förstnämnda målen ingår i denna utvärdering.

Också ett strävansmål angående aspekten ”kunskapens användning” berörs av en av våra uppgifter, närmare bestämt den om vad en familj kan göra för att hushålla med energi:

- utvecklar sin förmåga att använda fysikkunskaper samt etiska och estetiska argument i diskussioner om konsekvenser av fysikens tillämpningar i samhället

Nästa steg i målhierarkin är de mål som eleverna skall ha uppnått i slutet av det nionde skolåret. Vilka av dessa vi har utvärderat, och med vilka uppgifter, redovisas i tabell 4.2. Uppgifternas exakta ordalydelse framgår av kapitel 6.

Tabell 4.2 Fysikuppgifter fördelade på mål att uppnå i skolår 9. Ny: uppgiften har inte getts 1992 eller 1995.

Mål att uppnå i skolår 9	Uppgift	
ha kunskap om tryck, värme och temperatur i sammanhang med materiens olika former	1. Vilken fasövergång är det?	flerval
	2. Vad innehåller kokbubblorna?	flerval
	3. Går kolven att skjuta in?	flerval
	4. Varför rinner inte saften ned?	öppen
	5. Bevaras massan då is smälter?	flerval + motivering
ha insikt i hur ljus utbreder sig, reflekteras och bryts samt hur ögat kan uppfatta ljus	6. Rätt och fel om ljus (ny)	flerval
	7. När ljuset fram till flickan? (delvis ny)	flerval + motivering
	8. Varför ändrar ljusfläcken färg?	öppen
ha kunskap om olika energiformer och energi-omvandlingar samt vid tekniska tillämpningar miljö-, resurs- och säkerhetsaspekter	9. Vad är ett ljusår?	öppen
	10. Rätt och fel om energi	flerval
kunna föra diskussioner om resursanvändning i privatlivet och i samhället	11. Hur kan en familj hushålla med energi?	öppen
	11. Hur kan en familj hushålla med energi?	öppen
ha insikt i materiens uppbyggnad av elementarpartiklar och atomer	12. Vad orsakar lukt?	flerval

En viss överlappning föreligger mellan fysik- och kemiprovetns frågor. Exempelvis provar uppgift 1 och 2 också ett uppnåendemål i kemikursplanen för skolår fem:

ha kunskap om begreppen fast och flytande form, gasform samt kokning, avdunstning, kondensering och stelning

Kemimål och -uppgifter

I kursplanen för kemi betonas att syftet med undervisningen är att belysa vardagslivets fenomen och naturens uppbyggnad samt att bearbeta frågor om hälsa, miljö och jordens resurser. När det gäller kemiämnets karaktär och uppbyggnad betonas materiales uppbyggnad och egenskaper, kemiska reaktioner, kretslopp och transport och att förståelse av materiales struktur och egenskaper utgår från kunskaper om atomens byggnad och kemisk bindning. Man påpekar också:

Centralt för tolkningen av kemiska reaktioner är att massan bevaras, men att atomära beståndsdelar vid reaktionen arrangeras till nya kemiska föreningar samtidigt som energi omsätts. Ämnenas kretslopp, transport och spridning kan förstås utifrån kännedom om materiales egenskaper, kunskaper om kemiska reaktioner samt om vattnets och luftens roll som lösnings- och transportmedel. Uppbyggnad och nedbrytning av ämnen i naturen är olika delar av naturliga kretslopp.

Kemiämnets bidrag till det överordnade målet om att eleven skall utveckla sin förmåga att se mönster och strukturer som gör världen begriplig uttrycks i följande strävansmål:

- utvecklar kunskap om grundämnena, kemiska föreningar och kemiskt-tekniska produkter av betydelse för vardagslivet
- utvecklar kunskap om omvandlingar vid kemiska reaktioner
- utvecklar kunskap om atomens byggnad och kemisk bindning som förklaringsmodell för kemiska processer
- utvecklar förståelse av materiales oförstörbarhet, omvandlingar, kretslopp och spridning
- får inblick i äldre tiders kemiska tänkande och kunnande

Våra provfrågor berör de fyra första av dessa mål.

Följande mål att uppnå gäller för skolår 9:¹¹

- ha kunskap om några grundämnena, kemiska föreningar och kemiskt-tekniska produkter

¹¹ Vi ställer oss frågande till dessa uppnåendemål. Inget av dem gäller kemiska reaktioner, vid vilka atomer omarrangeras och vid vilka ingående ämnen övergår till nya ämnen. Att inte ha med denna centrala del av kemien är att urvattna densamma till ett statiskt betraktande av ämnen.

- ha kunskap om de viktigaste kretsloppen i naturen samt kunna beskriva några spridningsprocesser för materia i luft, vatten och mark
- ha kunskap om egenskaper hos luft och dess betydelse för kemiska processer som korrosion och förbränning
- ha kunskap om vattnets egenskaper och kunna beskriva dess roll som lösningsmedel och transportmedel i mark och växter

Våra provfrågor berör de tre första av dessa mål. Dessutom berörs ett mål som skall uppnås i skolår 5, nämligen att ”ha kunskap om begreppen fast och flytande form, gasform samt kokning, avdunstning och stelning.”

Det har inte varit möjligt att, i likhet med vad som gjordes för biologi och fysik, på ett enkelt sätt relatera våra kemiuppgifter till de mål att uppnå som gäller för skolår 9. De mål som anges i tabell 4.3 är hämtade från kemiämnets syfte, mål att sträva mot och mål att uppnå i skolår 5 respektive 9.

Tabell 4.3 Mål och uppgifter angående kemi. Ny: uppgiften har inte getts 1992 eller 1995.

Mål för skolår 9	Uppgift	
ha kunskap om några grundämnen, kemiska föreningar och kemiskt-tekniska produkter	1. Hur många grundämnen finns?	flerval
	2. Vilken gas får glöd att flamma?	flerval
	3. Hur är luft sammansatt?	flerval
förståelse av materiens struktur och egenskaper	4. Vad består av atomer?	öppen
	5. Organisationsnivåer	flerval
	6. Vad betyder bilden? (ny)	öppen
	7. Vad visar partikelbilderna?	öppen
utvecklar kunskap om omvandlingar vid kemiska reaktioner	8. Vilka är kemiska reaktioner?	flerval
	9. När bildas koldioxid?	flerval
	10. Vad betyder pH?	öppen
ha kunskap om egenskaper hos luft och dess betydelse för kemiska processer som korrosion och förbränning	11. Är utgångsämnen giftiga?	flerval
	12. Varifrån kommer rosten?	flerval + motivering
	13. Vad väger avgaserna?	flerval + motivering
	B5. Vad händer med atomerna i det döda djuret? [se bi 5]	öppen
ha kunskap om begreppen fast och flytande form, gasform samt kokning, avdunstning och stelning	F1. Vilken fasövergång är det? [se fy 1]	flerval
	F2. Vad innehåller kokbubblorna? [se fy 2]	flerval
	7. Vad visar partikelbilderna?	flerval

Tabell 4.3 forts.

Mål för skolår 9	Uppgift	
utvecklar förståelse av materiens oförstörbarhet, omvandlingar, kretslopp och spridning	F5. Bevaras massan då is smälter? [se fy 5]	flerval + motivering
	F6. Vad orsakar lukt? [se fy 6]	flerval

Undersökningsgrupper och bortfall

Det är tre olika undersökningsgrupper som ingår i vår studie. Respektive grupp utgörs av 1–3 klasser från cirka 100 skolor i landet. Varje grupp har besvarat ett ämnesprov (antingen biologi, fysik eller kemi) samt några frågor om vad de tyckte om provet. För detta disponerades 60 minuter per prov. Varje grupp genomförde också en enkät angående vad de anser om olika aspekter av det ämne som deras prov har gällt. Även för detta disponerades 60 minuter. Antalet elever i varje undersökningsgrupp som genomfört prov respektive enkät redovisas i tabell 4.4 under rubrikerna ”flervalsuppgifter” respektive ”ämnesenkät”. Dessa antal är lägre än det antal elever som från början ingick i de tre urvalen vilket beror på frånvaro. Frånvarobortfallet är för provet i biologi 11 procent, fysik 14 procent och i kemi 18 procent. Motsvarande procenttal för enkäterna är: biologi 14 procent, fysik 15 procent och kemi 17 procent.

Det har inte varit möjligt att inom projektets ramar kategorisera alla öppna svar, som är av storleksordningen 2 000 per uppgift. I stället har cirka 600 svar per öppen uppgift valts ut slumpmässigt för kategorisering.

Tabell 4.4 Storlek på olika undersökningsgrupper. Inom parentes anges antalet elever som svarat elektroniskt.

Prov i	flervals- uppgifter	uppgifter med öppna svar	ämnesenkät
biologi	2 136 (1 204)	620 (349)	2 074 (1 231)
fysik	1 857 (818)	613 (265)	1 843 (843)
kemi	1 818 (976)	580 (315)	1 850 (935)

I bilaga 2 redovisas ett annat bortfall än det som beror på frånvaro vid prov/enkättillfället, nämligen den andel elever som visserligen varit närvarande men som inte besvarat en viss uppgift. Detta svarsbortfall jämförs, uppgift för uppgift för de tre ämnesproven, med NU 92 eller UG 95 i de fall uppgifterna är

identiska (eller nästan identiska). I NU-92 svarade alla elever med papper och penna men i NU-03 var det, som framgår av tabell 4.4, cirka hälften som svarade elektroniskt. Som helhet är svarsbortfallet signifikant större 2003 än 92/95. Skillnader i svarsbortfall mellan flickor och pojkar år 2003 är inte signifikanta. Det är ingen skillnad i svarsbortfall mellan grupperna ”papper och penna” och ”elektroniskt” när det gäller flervalsuppgifter. Däremot är svarsbortfallet signifikant större i den elektroniska gruppen när det gäller öppna uppgifter.

Det har inte varit möjligt att jämföra frånvarobortfallet 2003 med det för 1992 eller 1995.

Vår bedömning är att de olika typerna av bortfall inte påverkar de slutsatser vi drar av vunna resultat. För en utförligare diskussion av detta, se bilaga 2.

Kriterier för godkänd och väl godkänd

För varje uppgift har vi angett ett kriterium för godkänt (G) svar. För en del av uppgifterna har vi också angett kriterier för väl godkänt (VG) svar. Dessa kriterier är våra personliga tolkningar av gällande betygskriterier och har på intet sätt ”nationell status”. Det VG-kriterium i gällande kursplan som närmast berör våra uppgifter är:

Eleven använder begrepp, modeller och teorier från biologi, fysik och kemi i situationer som är nya för henne eller honom för att beskriva och förklara förlopp och företeelser i omvärlden.

Vi anser att detta kriterium är problematiskt. Man kan lätt få intrycket att det inte alls gäller för G. Men det kan väl inte vara meningen att godkända elever bara skall kunna återge kunskaper utan förmåga att använda dem i nya situationer? Och hur skall man avgöra vad som är en ny situation för en given elev?

Vi hoppas att de kriterier vi angett utmanar läsarens uppfattningar om vad som är kvalificerande för G respektive VG!

5. Elevernas kunskande I biologi

Provresultat

1. Var sker fotosyntes?

Var kan fotosyntes ske? Om Du anser att fotosyntes kan ske i ett björklöv så markerar Du JA. Om Du anser att fotosyntes *inte* kan ske i ett björklöv, så markerar Du NEJ. Fortsätt på samma sätt med resten av listan!

	Ja	Nej		Ja	Nej
Björklöv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Granbarr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Björnmossa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kantarell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Granrot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kaktus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maskrosblad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tallbark	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabell 5.1 Var sker fotosyntes? Fördelning (%) av ja-svar på olika system.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=2 136)
<i>Björklöv</i> ¹²	85	82
<i>Maskrosblad</i>	84	79
<i>Kaktus</i>	67	61
<i>Granbarr</i>	61	54
<i>Björnmossa</i>	61	52
Kantarell	42	35
Tallbark	34	35
Granrot	26	28
Ej besvarat	4	5
Sju rätt	18	16
Alla rätt	14	10

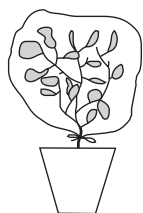
Kriterium för G: 7 rätt , dvs. ett fel godtas. Kriterium för VG: Alla rätt.

Det faktum att björklöv och maskrosblad toppar listan, och att kaktus, björnmossa och granbarr har lägre procenttal, kan tyda på att undervisningen alltför mycket fokuserar ”det gröna bladet”. Vi noterar att fotosyntes i barr är basen

¹² När det gäller valuppgifter markeras rätta svar med kursivering. För uppgifter med öppna svar hänvisar vi till de kriterier för G och/eller VG som ges i anslutning till respektive uppgift.

för en av våra stora nationaltillgångar, nämligen barrskog. Vi tycker det hör till modern allmänbildning att väl känna till var i omvärlden som fotosyntes sker. Processen är nödvändig inte bara för växternas fortlevnad utan också för djurens, inklusive människans. Mot denna bakgrund betraktar vi resultatet som sådant, och den sjunkande tendensen från 92 till 03, som en signal till att bättre än nu koppla samman undervisningen om fotosyntesen med verkligheten utanför biologiböcker och lektionssalar.

2. Hur ändras gasblandningen?



Karin fyller en plastpåse med vanlig luft (luft är en blandning av olika gaser). Sedan trär hon påsen över en krukväxt och knyter till den om stammen så som figuren visar. Knytningen är helt tät. Växten får stå i solen en dag. Här följer ett antal påstående om vad som händer med gasblandningen i påsen. Ange för varje förslag om det är rätt eller fel.

	Rätt	Fel		Rätt	Fel
Mängden syre ökar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mängden koldioxid ökar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden syre minskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mängden koldioxid minskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden syre ändras ej	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mängden koldioxid ändras ej	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabell 5.2 Hur ändras gasblandningen? Procentuella andelen elever som anser att olika alternativ är rätt.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=2 136)
Mängden syre ökar	54	48
Mängden syre minskar	36	39
Mängden syre ändras ej	14	23
Mängden koldioxid ökar	45	51
Mängden koldioxid minskar	45	39
Mängden koldioxid ändras ej	12	18
Ej besvarat	6	5
Enbart syresvaren rätt	14	16
Enbart koldioxidsvaren rätt	7	9
Alla svar rätt	33	22

Kriterium för G: Alla rätt.

För att svara rätt behöver eleven veta att växter i ljus avger syre och upptar koldioxid. Han/hon kan då tänka ut att mängden syre i plastpåsen ökar och

mängden koldioxid minskar. Det är 33 respektive 22 procent som klarar allt detta. Eleverna svarar bättre angående syret än koldioxiden, förmodligen därför att hågkomsten av växternas syreproduktion underlättas av att den relateras till det egna syrebehovet. Kanske är det också så att koldioxid i första hand uppfattas som en ”ond” växthusgas och inte som en nödvändig förutsättning för livet på jorden.

3. Varifrån kommer biomassan?

På ett kalhygge planteras små tallplantor. Efter trettio år har de vuxit upp till en stor skog. De vuxna träden väger tusentals ton tillsammans. Varifrån har dessa tusentals ton kommit? Förklara så noga du kan!

Tabell 5.3 Varifrån kommer biomassan? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel	1992 (n=3 103)	2003 (n=620)
A. Träden har växt	Träden växer o blir tyngre ju äldre de blir.	23	13
B. Från näring/jord/vatten; var för sig el. i kombination	Ifrån vatten och näring som trädet sugit upp ifrån marken.	28	17
C. Från sol/solljus/ljus; oftast i kombination med näring/jord/vatten	Näringen från jorden och solen.	11	11
D. Från luft; oftast i kombination med näring/jord/vatten och ev. ljus	Dom har kommit från näring i luften och marken som i sin tur har gjort att trädet kan växa.	5	2
E. Syre eller annan felaktig gas och näring/jord/vatten och ev. solljus	När ett träd växer tar det upp näring ur jorden och syre ur luften på så vis bildas en massa som blir ett träd.	6	4
F. Koldioxid och eventuellt näring, vatten och sol/ljus	De tonnen kommer från träden bark, stam, grenar m.m. De uppstår genom att trädet växer, får näring och vatten från marken och koldioxid från luften.	4	5
G. Koldioxid och eventuellt näring, vatten och sol/ljus samt ansats till vetenskaplig förklaring	Från koldioxiden i luften kommer mycket kol, som trädet är uppbyggt av. När det sker fotosyntes sönderdelar trädet koldioxiden till kol och syre. Kolet används till att bygga upp trädet. Syret går ut i luften igen.	1	3
Övrigt		4	9
Ej besvarat/ej motiverat		19	36

Kriterium för G: Kategori F. Kriterium för VG: Kategori G.

Ett ”vetenskapligt” svar på denna uppgift kräver mycket av eleven. Det gäller bl.a. att veta att fotosyntesen är en kemisk reaktion mellan koldioxid från luften och vatten från marken och att koldioxid har massa, trots att den är en osynlig gas. Om skolkursernas innehåll är avlägset för eleven ligger det nära till hands att vardagstänkandet tar överhanden. Eleverna vet att träd, liksom övriga växter i omgivningen, har rötter i jorden. De har varit med om att krukväxter får ”näring” eller ”gödning”, upplöst i vatten och att detta sätter fart på växandet. Det är därför rimligt att anta, att detta är källor till viktökning. Och luften märks ju inte!

Den som vill veta mer om elevers tänkande rörande ”fotosyntes” och hur detta kan diagnostiseras hänvisas till <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/serie/trialse/trialunits.html> Där kan du ladda ner workshopen ”Formativ utvärdering med fotosyntes som exempel”.

4. Varför blir komposthögen mindre och varm?

Malin lägger en mängd gräsclipp och löv i en stor hög i trädgården (en så kallad komposthög). Ganska snart märker hon att högen blivit varm inuti. Efter en tid har högen minskat i storlek. Förklara så noga du kan vad som hänt med högen!

Tabell 5.4 Varför blir komposthögen mindre och varm? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 103)	2003 (n=620)
A. Det ruttnar, multnar, blir jord			
1. Inget sägs om orsaken till värmen	Löven och gräset har brutits ned och blivit jord.	33	26
2. Fysisk orsak (solen, isolering m.m.) till värmen	När växter förmultnar blir det som isolering.	3	3
3. Biologisk orsak till värmen, kopplad till nedbrytning	Gräset och löven förmultnar och då blir det varmt och så småningom bildas det jord som innehåller mycket näring.	4	3
B. Makroskopiska organismer deltar i nedbrytning			
1. Inget sägs om orsaken till värmen	Löven har förmultnat och det har blivit jord istället. Maskar hjälper till lite men även andra faktorer.	12	25

Tabell 5.4 forts.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 103)	2003 (n=620)
2. Fysisk orsak (solen, isolering m.m.) till värmen	Högen har förmultnat. Varm blir den av att ingen kall luft kommer in eftersom löven är så tätt packade. Förmultning sker av att smådjur (maskar o. lik) äter löven och "gör om" det till jord.	1	2
3. Biologisk orsak till värmen, kopplad till nedbrytning	Små djur och maskar bryter ned löven och gräset till jord och de avger värme.	1	5
<i>C. Mikroskopiska organismer deltar i nedbrytningen</i>		8	5
1. Inget sägs om orsaken till värmen	Bakterier har brutit ned.	5	3
2. Fysisk orsak (solen, isolering m.m) till värmen	Det har förmultnat genom att små mögelsvampar bryter ned materian. Att det blir varmt inuti beror på att det inte släpps in någon kyla.	1	0
3. Biologisk orsak till värmen, kopplad till nedbrytning	Bakterier bryter ned det som finns i komposthögen. Då avges energi och komposthögen blir varm.	2	2
<i>D. Gasbildning</i>		3	0
1. Gasbildning, förmultning (+ ev. annat)	Det bildas metangas i högen.	2	0
2. Gasbildning pga. nedbrytning	Högen ruttar och annat bryter ned löv och dylikt, då bildas gaser.	1	0
<i>E. (Kemisk) reaktion, förbränning</i>		6	1
1. Bara något av orden	Jorden ruttar och pressas ned det sker en reaktion.	3	0
2. (Kemisk) reaktion/ förbränning ger värme	Löven plus gräset börjar ruttna. Då sker en kemisk reaktion som gör att det blir varmt i högen. Eftersom det blir varmt ruttar det snabbare.	3	1
<i>F. Ansats till integrerad förståelse</i>		1	0
Övrigt	Allt löv och gräs har dunstat bort.	16	5
<i>Ej besparat/ej motiverat</i>		13	25

Kriterium för G: kategori B3, C1, C2, D2 eller E2. Kriterium för VG: Kategori C3 eller F.

Vi har tolkat utsagor som ”Den har ruttnat och blivit jord” och ”Bladen har multnat” som beskrivande, dvs. de antas inte uttrycka några biologiska kunskaper om nedbrytning utöver ren deskription. Denna typ av svar är mycket vanlig (40 resp. 31 %). Det är förhållandevis få elever som nämner en biologisk agent som förklaring till det som sker (23 resp. 37 %). I de flesta fall är det fråga om makroskopiska organismer som maskar och insekter. Ökningen från 92 till 03 tror vi är en effekt av att kompostering har blivit ett vanligt inslag både i skola och hem. Den förekommer i förskolans och skolans undervisning, liksom i ökande utsträckning i hemmen. Det är dock små andelar av eleverna som i sina svar nämner mikroorganismer.

En svårighet när det gäller nedbrytning är att denna, liksom andra biologiska förlopp, är en komplicerad process, som kräver begrepp från såväl fysik och kemi som biologi för att i grova drag struktureras. Mikro- och makroorganismer bryter genom olika kemiska processer ned organiskt material, varvid energi avges. Vanliga slutprodukter är gaserna koldioxid och vatten samt mineralämnen. Massan bevaras i denna process. Materians skenbara försvinnande förklaras av att den omvandlats till osynliga gaser.

5. Vad händer med atomerna i det döda djuret?

Tänk på ett vilt djur i skogen. Det består av många atomer. Djuret dör och det börjar ruttna. Förklara vad som händer med atomerna när djuret ruttnar och till sist inte syns alls!

Tabell 5.5 Vad händer med atomerna i det döda djuret? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 103)	2003 (n=578)
A. Konkreta, beskrivande svar (atomer nämns ej)	Det blir jord.	7	9
B. Tecken på att atomer ej bevaras		26	17
1. Atomerna dör	Atomerna dör sakta med djuret eller efter.	4	2
2. Atomerna bryts ned/ ruttnar/blir jord	Atomerna ruttnar bort med djuret.	12	9
3. Atomerna försvinner/dör och försvinner/löses upp	När djuret förmultnar förstörs atomerna och försvinner.	10	6

Tabell 5.5 forts.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 103)	2003 (n=578)
<i>C. Tecken på att atomerna bevaras</i>		42	37
1. Atomerna är kvar (i djuret)	De finns kvar. Atomerna kan ju inte bara försvinna bara för djuret dör.	2	1
2. Atomerna går ut i luften, jorden m.m./omgivningen ospecificerat	Atomerna tränger ut i luften tillsammans med själen.	26	12
3. Atomerna går vidare till andra organismer	Hyenorna äter upp atomerna och gamarna äter upp resten.	3	3
4. Atomerna går vidare till omgivningen och andra organismer	När djuret förmultnar går atomerna ner i jorden. Då kan de tas upp av maskar och växter m.m.	5	4
5. Ansats till kretslopps-tänkande	De kommer ner i jorden och växer upp i gräset, blir uppätet och kommer till jorden när djuret dör.	1	2
6. Atomerna grupperar om sig/bildar nya ämnen, molekyler, kemiska föreningar	Dom bildar nya ämnen genom kemisk reaktion.	5	15
<i>D. Övrigt</i>		3	3
<i>E. Ej besvarat/ej motiverat</i>		21	34

Kriterium för G: Kategori C2, C3 eller C4. Kriterium för VG: Kategori C5 eller C6.

Att följa ett kretslopp genom en biotisk fas underlättas av att man förstår dels att organismer är kemiska system, dels att atomer bevaras vid kemiska reaktioner. Det är genom att följa vad som händer med atomerna i olika kemiska reaktioner som man kan hålla reda på kretsloppet. Ett exempel är kolatomen, som kanske först ingår i en koldioxidmolekyl. Denna tas upp av en växt och via fotosyntesen finns den efter ett tag i en stärkelsemolekyl. Stärkelsen äts av ett djur, och efter nedbrytning och förbränning är kolatomen åter en beståndsdel av en koldioxidmolekyl, som djuret andas ut.

Då man sammanfattningsvis vill referera till det nyss beskrivna talar man ibland om "kolats kretslopp". Men detta kan leda eleverna att tro att det är fråga om ämnet kol. Vi förordar därför att man i undervisningen talar om kolatomens kretslopp i stället för som brukligt kolats.

Med tanke på att kemiska begrepp är nödvändiga för att förstå biologiska processer skulle man gärna se att eleverna använde sådana då de besvarar uppgift 5. De skulle t.ex. kunna säga att de kemiska förändringar som äger rum vid nedbrytning leder till att koldioxid och ofta vatten bildas. En stor del av djurets atomer ingår i dessa molekyler. En del andra återfinns i de mineral-salter som också bildas.

Men elevernas lösningar visar att de resonerar i andra banor. Det är 7 resp. 9 procent som ger konkreta svar och 26 resp. 17 procent ger svar vilka vi tolkar som att atomerna ej bevaras. De skriver att atomerna dör, ruttnar, försvinner m.m. Ett genomgående drag i dessa svar är att det som kan iakttas makroskopiskt "extrapoleras" till att också gälla atomerna. Det är 42 resp. 37 procent av svaren som tyder på att atomerna bevaras. Oftast anger eleverna att atomerna går vidare till den fysiska omgivningen och/eller andra organismer. Bara 5 resp. 15 procent uttrycker omgruppering av kemisk natur.

Då man ser dessa svar ser man också olika didaktiska möjligheter. Genom att fundera över ett problem som uppgift 5 får eleverna ett helt nytt sammanhang i vilket de kan utveckla sin förståelse för atomer och kemiska reaktioner – mycket välkommet både för dem och deras kemilärare, som naturligtvis gärna ser att kemiskt kunnande kommer till användning. Och biologiläraren torde skriva under på hur viktigt det är med atomer och kemiska reaktioner för att förstå organismers växelverkan med sin miljö och deras deltagande i olika kretslopp. Atomerna på vår jord har inte något slut. De varken ruttnar, dör eller försvinner. De bevaras, vilket är en nödvändig förutsättning för livets kontinuitet.

6. Hur blir det nya ärftliga egenskaper?

I framtiden kommer med stor sannolikhet helt nya ärftliga egenskaper att utvecklas hos levande organismer – egenskaper som aldrig funnits tidigare. Vad är ursprunget till en helt ny ärftlig egenskap? Välj det påstående som passar bäst med vad du anser! Motivera ditt svar!

- Individens behov av egenskapen
- Slumpvisa förändringar i arvsmassan
- Artens strävan efter att utvecklas
- Naturens strävan efter jämvikt

Tabell 5.6 Hur blir det nya ärftliga egenskaper? Fördelning (%) på svarsalternativ.

2003 (n=2 136)	
I Individens behov av egenskap	24
II <i>Slumpvis förändring i arvsmassan</i>	31
III Artens strävan att utvecklas	30
IV Naturens strävan efter jämvikt	8
Ej besvarat	6

Tabell 5.7 Hur blir det nya ärftliga egenskaper? Fördelning (%) av elevers motiveringar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	2003 (n=620)
A. <i>Försöker förklara utveckling, förklarar inte ursprunget till ny egenskap</i>		23
1. Allmän utveckling beskrivs	Först så var vi människor apor (djur) och sedan igenom åren har vi utvecklats till att bli människor. (III)	4
2. Behov, oftast för att individ/art ska överleva	Man utvecklar det som man har ett stort behov av så att man kan överleva. (I)	6
3. Vilja/strävan/lär sig, oftast för att individ/art ska överleva	För att man försöker alltid bli bättre! Man försöker ju aldrig bli sämre. (III)	8
4. Anpassning till miljön, oftast för att individ/art ska överleva	Djuren anpassas efter omgivningen. Om miljön ändras måste de anpassa sig för att överleva (I)	5
B. <i>Förklarar ursprunget till ny egenskap</i>		14
1. Förklarar hur "förändringar i arvsmassan" uppkommer, oftast med genetiska termer som mutationer, DNA etc.	När DNA molekylen delar sig så kan det ibland bli ett litet fel en mutation, och då kan olika egenskaper utvecklas (II)	12
2. Anger också mekanismer för naturligt urval, t.ex. ärftlighet och reproduktionsfördelar	Förändringarna sker genom mutationer. De flesta är dåliga, men om det sker en mutation som är bra för arten så får det djuret många ungar och sprids vidare (II)	2
C. <i>Övrigt</i>	T.ex. en mullvad som lever på mask behöver gräva i jorden, den gjordes därför med fötter som det går lätt att gräva med. En fisk är utvecklad så att den kan andas i vattnet (I)	2
D. <i>Ej besvarat/ej motiv.</i>		61

Kriterium för G: Rätt alternativ valt, men ingen motivering angiven eller förklaring av ursprunget men fel alternativ ikryssat. Kriterium för VG: Rätt kryssalternativ och motivering enligt kategori B1 eller B2.

Det är 31 procent av eleverna som instämmer i kryssalternativ II. Av dessa 31 procentenheter utgörs 12 enheter av elever som också ger en rimlig naturvetenskaplig förklaring (kategori B1 och B2). Övriga 19 enheter är elever som ej motiverar. Ytterligare 2 procent av eleverna har en rimlig förklaring, men väljer att kryssa ett annat alternativ. Detta innebär att 21 procent av svaren är godkända och 12 procent väl godkända enligt uppsatta kriterier.

Uppgiften innebär svårigheter för eleven på flera plan. Ändamålsförklaringar enligt kryssalternativ I, III och IV är vanliga i vardagliga samtal. De förekommer till och med i TV:s naturprogram och på tidningarnas vetenskapssidor. De flesta som valt dessa alternativ försöker förklara livets utveckling och missar antagligen därför det som uppgiften avsåg, nämligen den ultimata orsaken till variationens uppkomst. Ett flertal studier visar att elever ofta inte är på det klara med att det finns variation i ärftliga egenskaper i en population och att detta är en förutsättning för evolution. Detta begränsar deras möjligheter att förstå naturligt urval.

Anpassning är ett ord som används för att förklara utveckling, men detta ord har många innebörder:

- ”omedelbar anpassning” exempelvis när pupillen dras samman i starkt ljus
- ”medveten anpassning” exempelvis när vi försöker anpassa oss till ett nytt arbete
- ”anpassning efter en tid” exempelvis att utveckla solbränna under en sommar
- ”evolutionär anpassning” då det handlar om förändring av genfrekvenser/egenskapsfrekvenser inom en population över tid till följd av naturligt urval.

7. Varför har geparderna blivit snabbare?

Geparder kan springa fort, runt 100 km/h, då de jagar. Hur skulle en biolog förklara att egenskapen att springa fort har utvecklats, om man antar att geparder härstammar från förfäder som kunde springa runt 30 km/h?

Tabell 5.8 Varför har geparderna blivit snabbare? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	2003 (n=620)
A. Allmän utveckling	De kanske har fått en smalare bättre byggd kropp, svansen har utvecklats för att ha mer kontroll på balansen och benen har blivit längre.	20
B. Vardagliga förklaringar		20
1. Behov	Eftersom geparden behöver kunna springa fort för att skaffa föda så har den väl utvecklats så att den kan springa fort.	15
2. Inläring	Den har lärt sig dess bytes teknik och den utvecklar sin egen efter dess byte ifall den springer fortare.	5
C. Inslag av vetenskapliga termer	Det behöver denna färdighet/egenskap för att kunna jaga och få tag i mat så då har deras DNA sakta genom åren ändras till att kunna springa snabbare.	5
D. Naturligt urval		7
1. Befintlig variation uttrycks	Naturligt urval. Ju snabbare, ju mer mat.	1
2. Befintlig variation ger skillnad i överlevnad	Dom snabbaste överlever och arten blev snabbare hela tiden.	1
3. Befintlig variation ger skillnad i reproduktion och/eller ärftlighet	De geparder som kunnat springa snabbast har fått mest mat och blivit starkast och fått para sig, alltså har egenskapen att springa snabbt premierats.	3
4. Befintlig variation ger skillnad i överlevnad/ reproduktion och gen/egenskap ackumuleras	Rätt som det är får en gepard en mutation som gör att den kan springa fortare. Denna individ får då en fördel som gör att den kan jaga bättre, individen förökar sig och nedärver egenskapen att springa fort till sina barn som också får en fördel och ärver det till sina barn och så vidare. Till slut är den gamla geparden som sprang långsamt utrotad...	2
E. Övrigt	Djuret blir ihop lagt med ett annat djur. Jag tror att gud skapade geparden så att den kunde springa så fort!!!	2
F. Ej besv./Ej motiverat	Vet inte, ????? eller har inte läst detta.	46

Kriterium för G: Kategori D1 eller D2. Kriterium för VG: Kategori D3 eller D4.

Kommentar till uppgift 6 och 7. Den biologiska evolutionen har blivit betydligt mer framskriven i Kp 2000 jämför med Lgr 80. Skolans skall nu sträva mot att eleven utvecklar kunskap om livets villkor och utveckling och kan se sig själv och andra livsformer i ett evolutionsperspektiv. Å andra sidan är undervisningstraditionen sådan att evolution är det avsnitt av biologin som brukar behandlas sist, dvs. under andra halvan av vårterminen. Detta kan tyckas vara mindre lyckat, eftersom evolutionsteorin utgör en sammanhållande teoretisk ram för hela det biologiska kunskapsområdet. Det finns många tillfällen att använda den tidigare än i skolår 9. Men det kan mycket väl vara så att åtskilliga elever i vår undersökning inte haft undervisning om evolutionsteorin, och det gör att en värdering av hur eleverna svarar måste göras med försiktighet.

Ett bra biologiskt svar på geparduppgiften skulle kunna lyda så här: I en population geparder finns en *variation* i egenskapen att springa fort, som vi antar är ärftligt betingad. Snabba föräldrar tenderar att få ungar som är snabba. Vidare har snabba föräldrar lättare att fånga byten. De har därför större chans att överleva än långsammare och därför också större chans att para sig och få ungar. Eftersom förmåga att springa fort är ärftlig betyder denna skillnad i *reproduktiv framgång* att andelen långsamma geparder minskar och andelen snabba ökar över generationerna. På grund av att det är en fördel att springa fort i den givna miljön sker det alltså en *selektion*, eller ett *naturligt urval*, av egenskapen att springa fort. Varje ny generation kommer att i medeltal vara lite snabbare än föräldragenerationen. Egenskapen ”springa fort” *ackumuleras* i populationen. Detta kallas *evolution*. Det är populationen som evolverar, inte de enskilda individerna.

Med andra ord kan man säga att evolutionen består av två processer, dels uppkomst av variation i ärftliga egenskaper, dels naturligt urval av i miljön fördelaktiga egenskaper. Den förstnämnda processen är slumpmässig, den andra inte. Det är alltså alternativet ”slumpmässiga förändringar i arvsmassan” som är det korrekta svaret på uppgift 6.

Det nu beskrivna vetenskapliga sättet att resonera om evolutionära förlopp är ovanligt i vardagsspråket, och för övrigt också i populärvetenskapliga naturprogram på TV. I dessa sammanhang uttrycks snarare att organismer utvecklar nya egenskaper därför att de behöver dem. Man kan karaktärisera detta tänkande som ”evolution vid behov”. Här är två exempel på svar till geparduppgiften:

- Geparderna behövde kunna springa fort, så naturen tillät dem att utveckla sin snabbhet.
- De behövde kunna springa fort för att undkomma sina predatorer och gradvis ändrades deras ben och muskler för att anpassa sig till detta.

En annan tanke är att geparderna lär sig springa fort:

- Man utvecklas hela tiden och kommer på nya saker. Med tiden lär man sig att springa fortare. Det är ett sätt att undkomma sin fiende. Geparden är ett rovdjur vilket gör att den skall springa fort och jaga sitt byte. De skall även kunna vara smidiga och kunna smyga på bytena.

Den som vill veta mer om elevernas tänkande om evolution och vad detta betyder för undervisningen hänvisar vi till: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/selection/triale/trialunits.html> Där kan du ladda ner en workshop som heter "Livets evolution".

8. Hur cirkulerar bloddroppen?

I skolan får du lära Dig att blodet cirkulerar i kroppen. Men hur cirkulerar en droppe blod som passerar stortån? Markera ett alternativ!

- Droppen lämnar hjärtat, går ner till stortån och sedan tillbaka till hjärtat. Så kan den göra samma färd igen.
- Droppen lämnar hjärtat, går ner till stortån, sedan till en lunga och därifrån tillbaka till hjärtat. Så kan den göra samma färd igen.
- Droppen lämnar hjärtat, går först till hjärnan, därifrån till stortån och sedan tillbaka till hjärtat. Så kan den göra samma färd igen.
- Droppen lämnar hjärtat, går först till en lunga, därifrån tillbaka till hjärtat, sedan ner till stortån och därifrån tillbaka till hjärtat. Så kan den göra samma färd igen.
- Droppen lämnar hjärtat, går först till en lunga, därifrån till stortån och sedan tillbaka till hjärtat. Så kan den göra samma färd igen.

Tabell 5.9 Hur cirkulerar bloddroppen? Fördelning (%) på olika svarsalternativ.

	1992 (n=3 138)	2003 (n=2 136)
1. Hjärta-stortå-hjärta	13	20
2. Hjärta-stortå-lunga-hjärta	18	16
3. Hjärta-hjärna-stortå-hjärta	17	18
4. Hjärta-lunga-hjärta-stortå-hjärta	25	17
5. Hjärta-lunga-stortå-hjärta	25	24
6. Ej besvarat	2	5

Kriterium för G: Rätt svar, dvs. alternativ 4.

En svårighet med denna uppgift kan vara att det är relativt mycket text att läsa och analysera. Om man å andra sidan har tillgodogjort sig William Harveys stora upptäckt, nämligen människans dubbla blodomlopp, så är det inte så svårt att i varje fall utesluta alternativ 1 och 3 (det är 30 resp. 38 % som väljer alternativ utan lungor). Att utesluta alternativ 2 och 5 utan att direkt veta vad som är rätt, är svårare. Med alternativ 5 som exempel skulle man kunna resonera så här: Då blodet passerar lungorna går det genom ett kapillärt system. Efter passage är blodtrycket så lågt att blodet inte skulle "orka" igenom ytterligare ett kapillärt system (i foten) och därefter tillbaka till hjärtat. Vitsen med att blodet går direkt från lungor till hjärta är det efter syresättning med kraft kan pumpas ut till stortån.

9. Vad gör hjärtat?

	Rätt	Fel		Rätt	Fel
Hjärtat renar blod	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hjärtat syresätter blod	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hjärtat tillverkar blod	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hjärtat är en muskel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hjärtat pumpar blod	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

Tabell 5.10 Vad gör hjärtat? Andel av eleverna (%) som anger "RÄTT" som svar.

	1992 (n=3 138)	2003 (n=2 136)
<i>Hjärtat pumpar blod</i>	99	94
<i>Hjärtat är en muskel</i>	97	89
Hjärtat syresätter blod	–	42
Hjärtat renar blod	26	35
Hjärtat tillverkar blod	15	28
Man andas med hjärtat	4	–
Ej besvarat	2	4
Alla svar korrekta	59	32

Kriterium för G: De fyra gemensamma alternativen rätt.

Alla rätt på de alternativ som är gemensamma för de båda provtillfällena: 1992: 61 %. 2003: 47 %

Uppgiften verkar kanske vid första påseendet enkel, och så var den också från början tänkt. Men det visar sig att en hel del av eleverna tillskriver hjärtat åtminstone någon funktion som det inte har. En spekulation är att hjärtat betonas i undervisning och andra sammanhang som ett ytterst viktigt organ, och upplevs nog också av eleverna som ett sådant. Detta kan leda till att elever tenderar att tillskriva det många funktioner – stor betydelse lika med många funktioner. Kanske har alla metaforiska kopplingar mellan hjärta och känslor också sin betydelse. Hjärtat blöder, hjärtat är rent etc.

Beträffande alternativet ”hjärtat syresätter blod” kanske en del elever tänker sig att hjärtat genom att pumpa blodet till lungorna åstadkommer en syresättning. Ett alternativ lättare att tolka hade varit ”blodet syresätts i hjärtat”.

10. Vad händer med inandningsluften?

Tänk dig att du andas in en viss mängd luft i ett andetag på vanligt sätt. Luften går ned i lungorna. Berätta, så noga du kan, vad som sedan händer med denna luft!

Tabell 5.11 Vad händer med inandningsluften? Fördelning (%) av svar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 138)	2003 (n=620)
A. Inga tecken på att luften kommer längre än till lungorna		30	21
1. Luften kommer in i, och (oftast) ut från lungorna (luften förflyttas bara, inga andra processer nämns)	Den kommer ut till den andra luften igen.	12	8
2. Luften (del av luften) lagras, ersätter gammal luft, renas, används m.m.	Den renas i lungorna.	4	5
3. Luften omvandlas till koldioxid	Den omvandlas till koldioxid som man sen andas ut.	9	6
4. Lungorna tar upp/tar vara på syret	Syret tas upp i lungornas väggar, sedan kommer luften ut i form av koldioxid.	6	2
B. Luften kommer kroppen tillgodo		50	52
1. Luften/syret går ut i kroppen/delar av kroppen (inga transportmekanismer nämns)	Vi tar upp syre som går till hjärnan sen andas man ut och så vidare.	8	9

Tabell 5.11 forts.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 138)	2003 (n=620)
2. Luften/syret i luften går ut i blodet	I lungan tar blodet upp syre och lämnar koldioxid. Alltså ökar mängden koldioxid och mängden syre minskar.	27	17
3. Luft/syre transporteras med blodet ut i kroppen/ delar av kroppen	Blodet tar upp syret som sedan åker runt i kroppen, bl a till hjärnan.	11	16
4. Luft/syre transporteras med blodet ut till kroppens celler	Det syrefattiga blodet som kommer från hjärtat tar upp syremolekyler i lungorna, går tillbaka till hjärtat för att sen pumpas ut i kroppen. Cellerna i kroppen tar upp syret, och förbrukar det.	4	10
C. Övrigt	Luftmängden minskar.	6	2
D. Ej besvarat/Ej motiv		15	26

Kriterium för G: Kategori B3 (organnivå). Kriterium för VG: Kategori B4 (cellnivå).

Angående uppgift 10 finns en semantisk svårighet – vad menas med ”denna luftmängd”? När en del av luften kommit in i blodet, har den då upphört att vara en luftmängd? Kanske en del elever tolkar frågan så, och då finns det ingen anledning för dem att gå vidare ut i kroppen. Hälften av eleverna uttrycker dock att luften kommer kroppen tillgodo. Det är 15 respektive 27 procent skriver att blodet transporterar luft/syre till kroppens delar eller celler.

11. Vad ger energi till kroppen?

Vilka av följande ger energi till Din kropp? Om Du anser att fett ger energi till kroppen så markerar Du JA. Om Du anser att fett inte ger energi till kroppen så markerar Du NEJ. Fortsätt på samma sätt med resten av listan!

	Rätt	Fel		Rätt	Fel
Fett	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stärkelse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Protein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Järn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vatten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Socker	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabell 5.12 Vad ger energi till kroppen? Andel ja-svar (%) för olika alternativ.

	1992 (n=3 138)	2003 (n=2 136)
<i>Socker</i>	84	82
<i>Protein</i>	79	84
<i>Fett</i>	73	75
Järn	51	65
Vatten	44	64
<i>Stärkelse</i>	58	47
Ej besvarat	1	3
Alla rätt	16	8

Kriterium för G: Rätt på enbart socker, protein, fett och stärkelse. Kriterium för VG: Alla rätt.

Om man känner att man orkar, om man känner sig pigg och har arbetslust, så brukar man i vardagslivet säga att man har energi. Denna ”energi” kan också ta slut. Kanske är det detta vardagstänkande som är förklaringen till att vatten och järn anses ge energi till kroppen. Man uppmanas ju att äta järn för att orka mer. Ett glas vatten i rättan tid kan ha samma effekt. Men dessa ämnen ger ingen energi i naturvetenskaplig mening till kroppen. Den begreppsliga svårigheten består med andra ord i att hålla isär vardaglig och vetenskaplig betydelse av ordet energi och förstå att det är den naturvetenskapliga innebörden som gäller i uppgiften. Vi noterar också att stärkelse inte är ett lika populärt alternativ som fett, protein och socker. Detta beror förmodligen på att ordet stärkelse och dess innebörd är mindre bekant för eleverna.

12. Var frigörs energin i maten?

Maten Du äter ger Dig energi. Var i kroppen frigörs den energi som finns i maten?

Tabell 5.13 Var frigörs energin i maten? Fördelning av svar (%) på olika kategorier.

Kategori	1992 (n=3 138)	2003 (n=620)
1. mage/magsäck	24	19
2. tarmar	27	15
3. blod	7	6
4. muskler	6	4
5. andra inre organ	7	5
6. överallt/hela kroppen	2	3
7. celler	7	10
Övrigt	8	7
Ej besv./ovidkommande	13	31

Kriterium för G: Kategori 4, 5 eller 6. Kriterium för VG: Kategori 7

Varför är det så stora andelar av eleverna som svarar att energin frigörs i mage och tarmar? Kanske är det ordet frigör som skapar problem? Maten bereds ju i magtarmsystemet så att den kan tas upp av blodet. Utan detta skulle inte maten kunna transporteras till kroppens delar och där bidra till energiförsörjningen. Kanske eleverna tänker sig detta som att energin frigörs i mage/tarmar och därefter kan spridas ut i kroppen.

Svaren på uppgifterna 10 och 12 är också tecken på att begreppet cell inte är en levande del av elevens föreställningsvärld, vilket i sin tur pekar på att undervisningen om cellens struktur och funktion kan behöva utvecklas. Det handlar bl.a. om att fördjupa och länka samman kunnande om människans fysiologi.

Om du vill ta del av en intressant diskussion om hur kunnande om blodomloppet, andningen och matspjälkningen kan integreras till förståelse av hur kroppens energiförsörjning går till, så föreslår vi att du besöker:

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/trialunits.html>

Där kan du ladda ner en workshop som heter ”Socker och syre till alla celler – en fråga om logistik”.

Pojkar och flickor

Vi har studerat skillnader mellan procentuella andelen pojkar och procentuella andelen flickor som har svar på minst G-nivå på respektive uppgift enligt uppställda kriterier. Detta är tekniskt komplicerat, bl.a. beroende på olika bortfall. Könsskillnaderna, vilka som regel är till pojkarnas fördel, är i allmänhet små. Jämfört med 1992 har skillnaderna minskat något.

Vad tycker eleverna om biologifrågorna?

Eleverna har ombetts att värdera våra frågor genom att göra skattningar med hjälp av fyrgradiga skalor. Vi undrar exempelvis: ”Var frågorna viktiga?” och erbjuder eleven fyra svarsalternativ, nämligen ”inte alls viktiga”, ”inte särskilt viktiga”, ”ganska viktiga” och ”viktiga”. Då vi analyserar avgivna svar finner vi att biologifrågorna uppfattas som något ointressanta, måttligt viktiga, något svåra men formulerade med ett lätt språk. Flickorna upplever frågorna som svårare än pojkarna, i övrigt är könsskillnaderna små.

Sammanfattning och värdering

Det är nu dags att sammanfatta och värdera de resultat som vårt biologiprof har gett. Sammanfattningen utgörs av tabell 5.14.

Av tabellen kan man lätt få en uppfattning om hur stor andel av eleverna som uppnår minst godkänd på respektive uppgift (i en del fall är det fråga om att addera procenttalen för G och VG). Om vi begränsar oss till de uppgifter som är gemensamma för 1992 och 2003 blir det i genomsnitt 28 procent 1992 och 25 procent 2003. De låga procenttalen är enligt vår värdering otillfredsställande. De är tecken på att det naturvetenskapliga undervisningssystemet, (dvs. statsmakten, lärarutbildningen, den utbildningsvetenskapliga forskningen, kommuner och skolorna med sina ledare, lärare och elever samt föräldrar) bara uppnår de undersökta kursplanemålen för en minoritet av eleverna.

I medeltal noteras en nedgång med tre procentenheter per uppgift under perioden 92–03. Den är dock inte genomgående. På en del uppgifter blir det lite sämre resultat 2003, på andra bättre. Till detta lägger vi anmärkningen att det är vi som formulerat kriterier för vad som krävs för G respektive VG. Andra kan formulera andra kriterier, och då kan värderingen av de nationella resultaten bli annorlunda.

Tabell 5.14 Andelen svar (%) på godkänd (G) respektive väl godkänd (VG) nivå enligt uppställda kriterier och fördelade på uppgifter och biologimål att uppnå i skolår 9.

Mål att uppnå i skolår 9	Uppgift	Nivå	1992	2003
ha insikt i fotosyntes och förbränning	1. Var sker fotosyntes?	G	18	16
		VG	14	10
	2. Hur ändras gasblandningen?	G	33	22
	3. Varifrån kommer biomassan?	G	4	5
		VG	1	3
känna till grunddragen i livets utveckling	4. Varför blir kom posthögen mindre och varm?	G	11	9
		VG	3	2
	5. Vad händer med atomerna i det döda djuret?	G	34	19
		VG	6	17
	6. Hur blir det nya ärftliga egenskaper?	G	–	21
	VG	–	12	
ha kännedom om den egna kroppens organ och organsystem samt hur de fungerar tillsammans	7. Varför har gepardern blivit snabbare?	G	–	2
		VG	–	5
	8. Hur cirkulerar bloddroppen?	G	25	17
	9. Vad gör hjärtat?	G	61	47
	10. Vad händer med inandningsluften? (svar på enbart organnivå)	G	11	16
		G	16	22
	VG	16	8	
ha kännedom om hur celler är byggda och hur de fungerar	12. Var frigörs energin i maten? (svar på enbart organnivå)	G	15	12
	10. Vad händer med inandningsluften? (svar på cellnivå)	VG	4	10
	12. Var frigörs energin i maten? (svar på cellnivå)	VG	7	10

6. Elevernas kunskande i fysik

Provresultat

1. Vilken fasövergång är det?

I den vänstra spalten nedan är sex olika händelser beskrivna. I den högra spalten skall du, för varje händelse, skriva ett av orden *smältning*, *avdunstning*, *kokning*, *kondensering*, *stelning* eller *kemisk reaktion*. Det gäller att välja det ord som passar bäst in.

Vatten fräser i en het stekpanna
Det blir is på sjön
Grillkolen glöder
Det bildas en klar vätska runt vecken i ljuset som brinner
Den regnvåta asfalten torkar
Det blir imma på glasögonen

Tabell 6.1 A Vatten fräser i en het stekpanna. Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=613)
smältning	3	4
avdunstning	18	18
<i>kokning</i>	66	61
kondensering	11	2
stelning	0	1
kemisk reaktion	–	2
ej besv., annat	1	11

Tabell 6.1 B Det blir is på sjön. Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=613)
smältning	1	3
avdunstning	1	1
kokning	0	0
kondensering	7	2
<i>stelning</i>	90	81
kemisk reaktion	–	2
ej besv., annat	1	11

Tabell 6.1 C Grillkolen glöder. Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=613)
smältning	–	11
avdunstning	–	1
kokning	–	8
kondensering	–	9
stelning	–	1
kemisk reaktion	–	54
ej besv., annat	–	16

Tabell 6.1 D Det bildas en klar vätska runt vecken i ljuset som brinner. Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=613)
smältning	68	53
avdunstning	2	1
kokning	3	2
kondensering	21	5
stelning	3	4
kemisk reaktion	–	21
ej besv., annat	2	14

Tabell 6.1 E Den regnvåta asfalten torkar. Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=613)
smältning	1	3
avdunstning	77	66
kokning	1	3
kondensering	15	8
stelning	4	4
kemisk reaktion	–	3
ej besv., annat	2	14

Tabell 6.1 F Det blir imma på glasögonen. Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=613)
Smältning	–	1
Avdunstning	–	9
Kokning	–	4
Kondensering	–	66
Stelning	–	0
Kemisk reaktion	–	6
Ej besv., annat	–	14

1992: Rätt på de fyra uppgifter som är gemensamma de båda åren: 41 %.

2003: Endast rätt på de fyra uppgifter som är gemensamma de båda åren: 5 %.

2003: Alla sex rätt: 36 %.

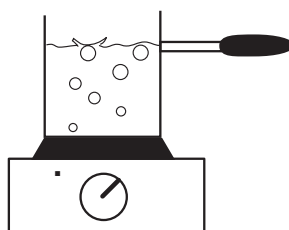
Kriterium för G: Rätt på de fyra uppgifter som är gemensamma för 1992 och 2003.

Ett viktigt syfte med skolans naturvetenskapliga undervisning är utan tvekan att kunskaperna skall kunna användas för att se på omvärlden med naturvetenskapliga ögon. Biologi, fysik och kemi hör inte bara hemma i lektionssalarna utan i högsta grad i världen. Ämnena erbjuder ju faktiskt ett sätt att betrakta naturen som är betydligt mera genomtänkt och giltigt än vardagstänkandet. Den här uppgiften innebär ett relativt blygsamt steg från skolans naturvetenskap ut i världen. Resultatet är kanske inte det allra bästa, särskilt om man som kriterium på acceptabelt svar sätter upp ”alla rätt”. Notabelt är också att för vart och ett av de alternativ som är gemensamma för utvärderingarna 1992 och 2003 så är tendensen en försämring (signifikant skillnad för varje uppgift). Däremot är det ingen skillnad 92–03 när det gäller alla rätt på de fyra uppgifter som är gemensamma.

2. Vad innehåller kokbubblorna?

Vattnet i en kastrull på spisen kokar. Man ser då att stora bubblor stiger upp genom vattnet till ytan, där de spricker. Vad innehåller dessa bubblor? Sätt *ett* kryss

- Luft Koldioxid Syre
 Väte Vattenånga



Tabell 6.2 Vad innehåller kokbubblorna? Fördelning (%) på olika kryssalternativ.

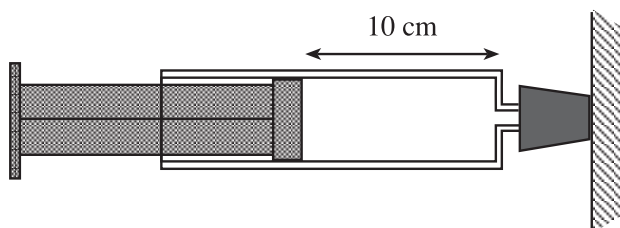
	1992 (n=3 103)	2003 (n=1 857)
Luft	20	17
Koldioxid	6	12
Syre	38	35
Väte	4	5
Vattenånga	29	28
Ej besv./annat	3	3

Kriterium för G: Rätt alternativ, dvs. vattenånga.

Den här uppgiften går in lite mera i detalj på en vanlig fasövergång, nämligen vatten som kokar. Det är 28 procent som väljer alternativet vattenånga, vilket kan verka vara en nedslående liten andel. Man kan emellertid också se uppgift 1 och 2 som öppningar till intressanta undervisningsmöjligheter. En hel del sådana diskuteras i en workshop kallad "Materiens faser" som vi utvecklat. Den kan laddas ner som en pdf-fil från följande sida: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/trialunits.html>

3. Går kolven att skjuta in?

Johan drar in luft i en plasticspruta och täpper till med en gummipropp som bilden visar. Ingen luft kan nu komma in eller ut ur sprutan. Avståndet från sprutans botten till kolven är 10 cm (se bilden). Johan håller så gummikorken mot en vägg (se bild) och försöker skjuta kolven inåt i sprutan. Hur långt flyttar sig kolven då han trycker på ordentligt?



- Kolven flyttar sig inte alls
- Kolven flyttar sig någon millimeter
- Kolven flyttar sig någon centimeter
- Kolven flyttar sig flera centimeter
- Kolven flyttar sig ända in till sprutans botten

Tabell 6.3 Går kolven att skjuta in? Fördelning (%) på olika kryssalternativ.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=1 857)
Kolven flyttar sig inte alls	42	45
Kolven flyttar sig någon millimeter	33	26
<i>Kolven flyttar sig någon centimeter</i>	15	13
<i>Kolven flyttar sig flera centimeter</i>	4	5
Kolven flyttar sig ända in till sprutans botten	4	7
Ej besvarat/annat	1	4

Kriterium för G: Alternativ 3 (någon centimeter) eller 4 (flera centimeter).

Uppgiften var inte exakt likadant formulerad 1992 som 2003. Lydelsen 1992 var följande:

Johan drar in luft i en plastspruta och täpper till med en gummipropp som bilden visar. Ingen luft kan nu komma in eller ut ur sprutan. Avståndet från sprutans botten till kolven är 10 cm (se bilden). Johan håller så gummikorken mot en vägg (se bild) och försöker skjuta kolven inåt i sprutan. Vad händer? Sätt ett kryss!

(samma bild som 2003)

- Kolven går inte att skjuta in
- Kolven går att skjuta in någon millimeter
- Kolven går att skjuta in någon centimeter
- Kolven går att skjuta in flera centimeter
- Kolven går att skjuta ända in till sprutans botten

Formuleringen 1992 innehåller en språklig oklarhet. Uttrycket ”skjuta in” kan tolkas som ”skjuta in temporärt”, dvs. så länge som man tycker på. Men det kan också betyda ”skjuta in för gott”, ungefär som man skjuter in en bok i bokhyllan eller en låda i hurtsen. Därför genomfördes ändringen ovan. Trots den gjorda ändringen är resultaten för de båda åren tämligen lika.

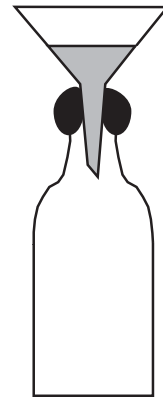
Svaren på uppgift 3 är positiva på så sätt att de flesta elever tycks ha klart för sig att luft är ett något som tar plats. Men varför är det så stor andel som inte anger att luft kan komprimeras? Har inte alla erfarenhet av hur det känns då man håller för hålet på en cykelpump eller fotbollspump och försöker trycka in kolven? Kanske har många gjort detta men inte reflekterat över att det är luft som trycks ihop och då är erfarenheten till ringa hjälp att lösa uppgift 3.

Resultatet må förefalla dåligt, men samtidigt öppnar sig en utmärkt undervisningsmöjlighet: Läraren ställer problemet med plasticsprutan och var och en av eleverna skriver ned en förutsägelse. Därefter gör de experimentet och funderar över skillnader mellan förutsägelse och resultat. Ett annat problem att fundera över är hur många 50-liters plastpåsar som kan fyllas med t.ex. kväve från en nylevererad gastub på 50 liter. Dessa och andra frågor och erfarenheter kan skapa behov av en partikelmodell för gaser. Vägen ligger också öppen för att ta del av Boyles lag...

En workshop som diskuterar hur man kan utveckla och använda en kvalitativ partikelmodell för att förklara och förutsäga gasers egenskaper heter "Grönskande är naturvetenskapliga teorier". Den kan laddas ner som en pdf-fil från följande sida: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/trialunits.html>

4. Varför rinner inte saften ner?

Ludvig skall fylla saft ur en stor dunk på mindre flaskor. Men hans tratt är inte så bra. Den vickar hit och dit i flaskhalsen. Därför sätter han fast den med modellera. Leran sitter utanpå tratten som figuren visar. Den täpper till mellan tratt och flaska, men den klämmer inte åt tratten. Han märker då att det inte rinner ned någon saft i flaskan. Det finns saft ända ner till spetsen på tratten, men saften stannar i tratten, trots att det är öppen väg för den. Förklara detta!



Tabell 6.4 Varför rinner inte saften ner? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

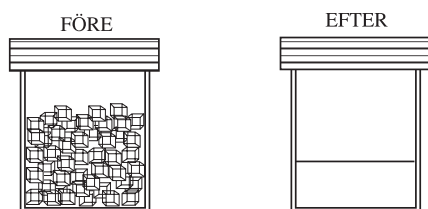
Kategori	Exempel	1992 (n=3 103)	2003 (n=613)
A. Modelleran stoppar saften	Modelleran täpper igen trattens botten.	6	7
B. Vakuum stoppar saften	Därför att det finns ingen luft i flaskan så det blir som ett vakuum och det rinner ingen saft ner genom tratten.	8	5
C. Det kommer inte in luft/syre i flaskan	Luften täpps så kan inte luften komma in. Då är det svårt för saften att komma in.	8	5
D. Det blir/är ett mottryck i flaskan	Vattnet kommer ej ner för det uppstår ett tryck underifrån tratten.	5	7
E. Flaskan är full med luft	Luften kan inte gå ut så att det kan komma in saft. Den är redan full av luft.	39	37
F. Övrigt	Luftrycket.	11	14
Ej besvarat/ej motiverat		22	25

Kriterium för G: Kategori D eller E.

Enbart ordet tryck eller luftryck, samt tryck ospecificerat ("Det blir ett tryck") kategoriseras som "övrigt". Kategori B – vakuum stoppar saften – förbryllar. Kanske kan erfarenheten att vakuumförpackningar är täta bidra till svar enligt kategorin. Kategori C – det kommer inte in någon luft i flaskan – kan förklaras med erfarenheten att det är svårt att tränga in ett föremål i ett hål om det inte är lite luft emellan föremålet och hålets väggar.

5. Bevaras massan då is smälter?

En burk fylls med iskuber. Ett tättslutande lock sätts på, varefter burken med innehåll vägs. Resultatet är 630 gram. Burken får sedan stå tills all is har smält. Den vägs så igen. Vad blir resultatet nu?



- Mycket mer än 630 gram Lite mindre än 630 gram
 Lite mer än 630 gram Mycket mindre än 630 gram
 Fortfarande 630 gram Förklara ditt svar!

Tabell 6.5 Bevaras massan då is smälter? Fördelning (%) på olika kryssalternativ.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=1 857)
Mycket mer än 630 gram	8	8
Lite mer än 630 gram	17	17
<i>Fortfarande 630 gram</i>	52	51
Lite mindre än 630 gram	15	16
Mycket mindre än 630 gram	7	5
Ej besvarat/annat	1	4

Tabell 6.6 Bevaras massan då is smälter? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 103)	2003 (n=613)
A. <i>Lite eller mycket mindre än 630 g.</i>		23	21
1. Isen tar större plats/ vattnet tar mindre plats.	När vatten stelnar till is så vidgar sig isen.	3	3
2. Is väger mer än vatten/ vatten väger mindre än is.	Fruset vatten väger mer än vanligt vatten.	8	8
3. Övrigt.	Vattnet avdunstar ju lite och håller sig i luften inne i burken. Därför väger alltsammans mindre.	5	5
4. Ej förklarat.		7	5
B. <i>Lite eller mycket mer.</i>		26	27
1. Det är mer i burken efteråt/det utvidgas.	Vattnet utvidgar sig när det smälter.	1	1
2. Vatten är tyngre än is/ is är lättare än vatten.	Is är lättare än vatten annars skulle inte is flyta på vatten.	13	13
3. Övrigt.	Vatten är mera konstant, medan iskuberna har vidgat sig och innehåller mer syre vilket gör dem lättare.	5	6
4. Ej förklarat.		7	7
C. <i>Fortfarande 630 g</i>		51	51
1. Samma ämne före som efter.	Det är samma vatten.	3	9
2. Vikten(massan) samma trots ändringar (smältning, volymändring)/tillstånds- ändringen spelar ingen roll.	Is och vatten väger lika mycket. Man skall inte luras av volymen.	23	20

Tabell 6.6 forts.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 103)	2003 (n=613)
3. Inget har kommit ut och/eller in. Inget har tillkommit/försvunnit	Jag tänkte att även om vatten tar mindre plats än is så väger det nog lika mycket. Inget har ju försvunnit ur burken eftersom locket är tättslutande.	10	9
4. Övrigt	För att det avdunstat lite.	2	2
5. Ej förklarar		14	10
<i>D. Inget kryss eller motivering</i>		1	1

Kriterium för G: C4 eller C5. Kriterium för VG: C1, C2 eller C3.

Det är 51 procent som kryssar i rätt alternativ och 37 procent som ger en acceptabel motivering. Kategorischemat visar en provkarta över olika alternativa argument. Några elever menar att det som tar störst plats också är tyngst. Andra anser att isen är tyngre än vattnet. Kanske tänker de sig att det som är hårdast också är tyngst. Argumentet för att 1 kg bly väger mer än 1 kg bomull förefaller övertygande: Släpp det på tårna så får du se!

Ganska många elever argumenterar för en viktökning. De skriver att is är lättare än vatten. Den flyter ju! Detta är ingen konstig motivering med tanke på hur vi i vardagsspråket ofta uttalar oss om tyngd (vikt) när vi egentligen borde använda begreppet densitet. Ett annat intressant elevsvar som förekommer i några fall är att när isen smälter så fördelar sig vattenmängden över hela bottenytan på behållaren. Därför tynger vattenmängden mer än isbitarna, som har mellanrum.

Allmänt sett kan man konstatera att eleverna har svårt för att skilja mellan massa, tyngd, densitet och volym, samtidigt som de framför intressanta argument och därmed visat tecken på hur de resonerar. Kanske rymmer problem liknande det i uppgift 5 mycket mera intellektuell spänning för en stor del av eleverna än vi anar. Värt att pröva!

I klassisk naturvetenskap gäller att materia varken kan försvinna eller nyskasas. Massan för ett slutet system bevaras, även om systemet förändras. Som vi antydde redan i början av kapitel 1 lades denna princip till grund för den moderna kemin genom Lavoisiers arbete. Elevers intuitiva förståelse av denna viktiga princip undersöktes först av Piaget. Ett exempel på hans många testuppgifter är följande: Eleven visas två lika stora lerbollar, A och B och bejakar

att det är lika mycket lera i dem. Härfter transformeras boll B, t.ex. genom att rullas till en cylinder. Förskoleelever kan mena att det är mera lera i cylindern för att den är längre. Men lite äldre elever anser att trots formändringen, så är det lika mycket lera efter som före. Vanliga förklaringar är att inget lagts till eller tagits bort, eller att man kan forma leran till en boll igen. Av ett flertal experiment av denna typ har Piaget dragit slutsatsen att ”konservation av materiemängd” behärskas av elever från 7–8 års ålder. (Ordet materiemängd refererar till ett intuitivare begrepp än ordet massa.)

Denna Piatets slutsats har reviderats. Anledningen är att mer komplicerade transformationer än Piatets använts som testuppgifter, bl.a. ändring av tillstånd och kemiska reaktioner. Det visar sig då att för elever i 12–15 års ålder så är bl.a. gränsen mellan materiellt och icke materiellt oklar. De kan t.ex. anse att värme har vikt, men inte gaser. Och materia bevaras inte alltid. Bensin kan t.ex. brinna upp och dess materia försvinna.

Om du vill veta mer om denna spännande och viktiga aspekt av naturvetenskaplig förståelse av omvärlden, så föreslår vi att du studerar en workshop kallad ”Materiens bevarande”. Den kan laddas ner som en pdf-fil från följande sida: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/trialunits.html>

6. Rätt och fel om ljus

Ljus utsänds från en ljuskälla. Vi tänker oss att det inte finns något som helst hinder i ljusets väg. Vad är rätt och vad är fel? Markera vad du anser för varje påstående!

	Rätt	Fel
A. Ljuset går hur långt som helst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B. Ljuset går långt, men inte hur långt som helst. Efter ett tag dör det ut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C. Hur långt ljuset går beror på hur stark ljuskällan är.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D. Ljuset har hela tiden samma hastighet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E. Ljuset saktar efterhand farten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F. Hur långt ljuset går beror på om det är dag eller natt. Det går längre på natten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabell 6.7 Rätt och fel om ljuset. Andel elever (%) som valt alternativet RÄTT för olika påståenden.

	2003 (n=1 857)
A. Ljuset går hur långt som helst	30
B. Ljuset går långt, men inte hur långt som helst. Efter ett tag dör det ut	64
C. Hur långt ljuset går beror på hur stark ljuskällan är	80
D. Ljuset har hela tiden samma hastighet	73
E. Ljuset saktar efterhand farten	21
F. Hur långt ljuset går beror på om det är dag eller natt. Det går längre på natten	28
Ej svar (genomsnitt)	5
Endast rätt på D, E och F	27
Alla svar rätt	8

Kriterium för G: Endast rätt på alternativ D, E och F. Kriterium för VG: Alla svar rätt.

Av tabellen framgår att alternativen D, E och F är de lättaste. Det är 73 procent, 74 procent respektive 66 procent som besvarar dessa korrekt. Alternativen A, B och C besvaras korrekt av 30 procent, 30 procent respektive 16 procent.

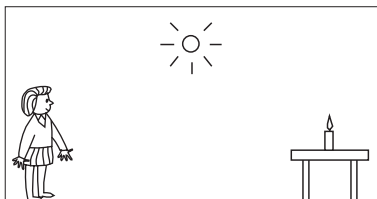
I fysikerns abstrakta och idealiserade värld går ljuset hur långt som helst om det inte möter något hinder. (Ljuset från universums mest avlägsna galaxer, som dagens astronomer observerar, har varit på väg till oss i många miljarder år!) Ljuset har konstant hastighet. Det saktar alltså inte farten och hur långt det går beror inte på om det är dag eller natt. Det är troligt att eleverna inte tänker på detta abstrakta sätt utan i stället erinrar sig erfarenheter av t.ex. ficklampor, vars ljus för observatören alls inte verkar gå hur långt som helst utan tycks dö ut, dock inte lika snabbt om lampan är stark. Ficklampsljuset når också längre på natten. Ska man lita på sina sinnen eller på fysiken?

7. När ljuset fram till flickan?

A. Det är dagsljus. Flickan ser lågan på det brinnande ljuset. Kommer det fram något ljus från lågan till flickan?

Ja Nej

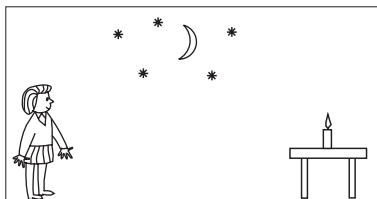
Motivera ditt svar!



B. Nu är det natt. Flickan ser lågan på det brinnande ljuset. Kommer det fram något ljus från lågan till flickan?

Ja Nej

Motivera ditt svar!



1995 gavs det inte möjlighet att kryssa i ja eller nej som svar på frågan utan den var helt öppen, dvs. eleven måste själv skriva ja eller nej och förklara sitt svar.

Tabell 6.8 När ljuset fram till flickan? Fördelning (%) på olika kombinationer av kryssalternativ.

Krysskombination		1995 (n=699)	2003 (n=1 857)
Dag Nej	Natt Nej	7	4
Dag Nej	Natt Ja	50	42
Dag Ja	Natt Ja	32	47
Dag Ja	Natt Nej	*2	3
Ej kryssat A eller B eller båda (motsvarande)		*9	4

*uppskattat från öppna elevsvar

Det är en påfallande större andel elever som svarar rätt 2003 jämfört med 1995. Tolkningen av denna skillnad blir dock något osäker eftersom uppgifterna var olika formulerade de båda undersökningsåren.

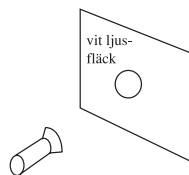
Tabell 6.9 När ljuset fram till flickan? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	1995 (n=699)	2003 (n=613)
<i>A. Ljus kommer ej fram varken på dagen eller natten</i>		7	4
1. Diverse motiveringar	För att det är sol ute./Det är för mörkt.	6	2
2. Ej förklarar		1	2
<i>B. Ljus kommer ej fram på dagen men väl på natten</i>		50	39
1. Det är ljus/solljuset är starkare (dominerade m.m.)	Nej, för att ljuset från solen är starkare än ljusets./Ja det gör det för att nu är det mörkt och nu lyser ljuset starkast.	45	27
2. Övrigt	Nej, han ser det rör sig där borta./ Ja, det är mörkt och inte så mycket ljus. Då lägger ögat märke till ljuset.	1	5
3. Ej förklarar		4	7
<i>C. Ljus kommer fram både på dagen och natten</i>		32	49
1. Ja. men på dagen svagt eller "man märker det inte"	Det kommer kanske fram lite ljus. Men det mesta ljuset kommer från solen, ljuset bryter solens ljus./Nu är det mest ljusets ljus som syns eftersom det inte finns något som reflekterar.	16	14
2. Det kommer fram (lika mycket) ljus på dagen och på natten	Ja annars skulle han inte se ljuset./ Ja av samma orsak som förut.	11	17
3. Övrigt	Ja. Solens ljus reflekteras in i flickans ögon./Ja. Månen är ju också ljus. Det skiner på ljuset och reflekterar det ljuset in i flickans ögon.	1	6
4. Ej förklarar		4	12
<i>D. Annat</i>		6	3
<i>E. Ej besvarat</i>		6	5

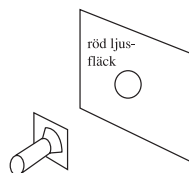
Kriterium för G: Kategori C3 eller C4. Kriterium för VG: Kategori C1 eller C2.

8. Varför ändrar ljusfläcken färg?

En ficklampa riktas mot en pappskiva.
På pappskivan syns då en vit ljusfläck.



Framför lampan sätts en röd glasskiva.
På pappskivan syns då en röd ljusfläck.
Förklara hur glasskivan förändrar ljusfläckens färg från vit till röd!



Tabell 6.10 Varför ändrar ljusfläcken färg? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel	1995 (n=699)	2003 (n=613)
A. Röd glasskiva gör att färgen ändras	Glasskivan är röd då blir fläcken röd.	24	19
B. Ljuset färgas rött i skivan	Det är ju en röd glasskiva så att den färgar ljuset rött.	17	13
C. Reflektion	Det reflekterar bara rött ljus. Den röda glasskivan reflekterar bara rött.	9	11
D. Brytning	Ljusstrålarna bryts och det blir rött ljus i stället för vitt.	9	4
E. Skivan (tar emot vitt ljus och) skickar ut rött ljus	Lampan lyser på röda glasskivan som ger ifrån sig röda ljusstrålar.	2	1
F. Selektiv transmission	Glasskivan filtrerar ut allt ljus utom det röda spektrumet. Därför ser den röd ut.	10	10
G. Övrigt	Den röda färgen är starkare än den vita.	9	10
H. Ej besvarat/ej motiverat		20	31

Kriterium för G: Kategori F.

Då denna uppgift konstruerades i samband med den nationella utvärderingen 1995 var avsikten att ha med den som en lätt uppgift. Eleverna vet nog, resonerade vi, att vitt ljus består av "regnbågens färger" och kan då lätt räkna ut att glasskivan fungerar som ett filter som tar bort alla färger utom den röda. Vi blev förvånade över den mycket lilla andel som svarade rätt.

Vi insåg dock snart, att åtminstone en del av eleverna så att säga är ”i döda naturfilosofers sällskap”, vilket gav en viss respekt för deras ”alternativa” svar. I början av kapitel 1 nämndes Johannes Keplers två banbrytande arbeten i geometrisk optik. Dessa hade bl.a. stor betydelse för att etablera föreställningen att ljuset existerar som fysikaliskt objekt mellan källor och effekter. Den fortsatta utvecklingen kunde nu koncentreras på frågan vad detta ljus egentligen var. Man formulerade problemet ungefär så här: Utanför oss själva finns det något som utbreder sig rätlinjigt, reflekteras, bryts och ger upphov till bilder vid passage av en lens. Detta ”något” kallar vi ljus, men vad är det egentligen?

I sökandet efter denna modell kom färgfenomenet att spela en roll. Den dominerande föreställningen var att ljus och färg var två skilda saker. Färg var en egenskap hos föremål, och ljus någonting färglöst. Detta hävdades till exempel av Kepler, som menade, att då ljus passerade genom färgade glasskivor eller reflekterades mot ytor, så extraherade det färg. Rött glas gjorde till exempel att ljuset blev rött. Samtida filosofer tänkte sig att en slags färgessens lösgjordes från föremål och transporterades med hjälp av ljuset till ögat.

Till utvecklingen hör Newtons välkända prismaexperiment. Han mörklade ett rum, gjorde ett cirkulärt hål i en fönsterlucka och lät solljuset från detta träffa ett triangulärt prisma. Till sin förvåning fann han att ljuset efter brytning gav upphov till en avlång ljusfläck i regnbågens färger på väggen. Detta förvånade honom. Han hade väntat sig en cirkulär form eftersom hålet i fönsterluckan var cirkulärt.

Hur skulle man nu förklara den avlånga formen? Newton placerade en cirkulär bländare i det avlånga ljusflödet som uppstod efter brytning i prisma. Han fick då till exempel ett smalt flöde av gult ljus, som han lät träffa ett nytt prisma. Efter brytning uppstod nu inte längre den avlånga formen. Newton drog härav slutsatsen, att vitt ljus består av olika sorters ljus, som ger upphov till olika färger. ”Light itself is a heterogeneous mixture of differently refrangible rays”, som han uttryckte saken.

Är selektiv transmission av ljus något som är svårt att förstå? En grundförutsättning är att eleven är på det klara med att ljus utbreder sig längs räta linjer. Åtskilliga grundskoleelever har inte gjort denna idé till sin. Vidare måste han/hon ha en föreställning om att vitt ljus består av ljus med olika färg. Detta är en väsentlig utvidgning av ljusbegreppet, som brukar introduceras för eleverna i samband med det ”obligatoriska” prismaexperimentet. Eftersom själva grundidén om ljus som utbreder sig längs räta linjer är oklar, så kan man vänta sig att också idén om att vitt ljus består av olika färger blir diffus. Måhända är detta en bidragande orsak till att så få elever svarar acceptabelt på uppgiften. Ett annat skäl kan vara att undervisningen bedrivs i alltför hög takt, så att eleverna inte får tillfälle att använda introducerade begrepp och teorier. Om

inte det nya synsättet, som förklarar föremåls färg med selektiv transmission, absorption och reflexion, tillämpas i ganska många vardagssituationer kan man inte vänta sig att benägenheten att betrakta ljus och färg som två skilda fenomen skall påverkas särskilt mycket.

9. Vad är ett ljusår?

Förklara vad som menas med ett ljusår!

Tabell 6.11 Vad är ett ljusår? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	1995 (n=699)	2003 (n=613)
A. Ljusår är ett tidsmått			
1. Relaterar till jordens, månens och/eller solens rörelse	Den tid det tar för alla planeter att snurra ett varv runt solen.	11	7
2. Den tid det tar för ljuset att färdas ett år	Det är hur lång tid det tar för ljuset att färdas i ett år.	5	5
3. Den tid det tar för ljuset att färdas en viss sträcka	Den tiden det tar från ljuset att gå från en punkt till en annan.	1	1
4. Den tid det tar för ljuset att färdas till jorden/runt jorden /från solen eller en stjärna	Så lång tid det tar för solens ljus att nå jorden.	9	6
5. Den tid det tar för ljuset att färdas i rymden	Hur lång tid det tar för ljuset att färdas genom rymden.	1	1
6. Övrigt	Ett ljusår är flera miljoner år.	2	6
B. Ljusår är en hastighet			
	Den hastighet ljuset går med.	3	4
C. Ljusår är ett mått på avstånd			
1. Avstånd i rymden mäts i ljusår	Ett ljusår är inte en tidsberäkning utan ett avstånd som man använder i rymden, eftersom rymden är så ofantligt stor.	4	4
2. Den sträcka ljuset hinner på en viss tid	Hur långt ljuset hinner på en timme.	1	0
3. Den sträcka ljuset hinner på ett år	Så långt som ljuset hinner på ett år. (Det är alltså ett längdmått, inte ett tidsmått.)	35	27
4. Uträkning av den sträcka ljuset färdas under ett år	Ljusår – den sträcka som ljuset hinner under ett år. Ljusår = 300 000 m x 365 x 24 x 3600. Ljusår är således ett avståndsbegrepp, främst använt inom astronomi.	1	1
5. Övrigt	Hur långt ljuset förflyttar sig på ett ljusår.	2	0

Tabell 6.11 forts.

Kategori	Exempel på svar	1995 (n=699)	2003 (n=613)
C. Andra svar	Att det alltid är ljust ute. Solen skiner hela tiden.	8	7
D. Ej besvarat/Ej motiv.		19	31

Kriterium för G: C3 och C4.

Ordet ljustår rymmer vissa semantiska komplikationer. Det betecknar en längdenhet, men har en stark association till tidsenheten ett år. Ordet har också en hastighetsaspekt – sträcka per år. Därför är det kanske inte så konstigt att en hel del elever behandlar ljustår som en tid och som en hastighet. De allra flesta av dessa kopplar tiden till ett astronomiskt sammanhang, t.ex. ”den tid det tar för solljuset att nå jorden”.

En intressant kategori är den som uttrycker att ett ljustår är den tid det tar för ljuset att färdas ett år. Måhända försöker eleverna kombinera sin egen uppfattning av ordet som ett tidsbegrepp med det som undervisningen försökt kommunicera, nämligen att ljustår är ett avståndsbegrepp. I dessa försök kommer man en bit på väg, men hamnar i en logisk omöjlighet, som man troligen inte hinner eller finner anledning att reflektera över.

Ett intressant svar i kategori A1 är: ”Ett ljustår är den tid det tar för ljuset att gå ett varv runt jorden”. Vi tror att detta svar har sitt ursprung i undervisningen. Kanske läraren eller läroboken velat framhålla hur fort ljuset går, och försökt relatera detta till jordens omkrets, som framstår som en mycket lång och någorlunda fattbar sträcka. Exemplet är riskabelt eftersom det ger intryck av att ljuset under sin färd kan kröka kraftigt, vilket är i strid med den geometriska optikens linjära strålmödel, men inte med modern kosmologi.

Det är cirka en tredjedel av eleverna som behandlar ljustår som ett avstånd. De flesta av dessa svarar med precision, dvs. den sträcka ljuset hinner på ett år.

Det är uppenbart att den till synes enkla och rättframma uppgiften att förklara vad som menas med ett ljustår innehåller en hel del begreppsliga svårigheter. För det första måste man känna till att ljuset färdas genom rummet med en bestämd hastighet. Man måste också kunna relatera hastighet till sträcka och tid. Tiden är given i ordet och sträckan får man fram genom att tänka sig hur långt ljuset färdas under denna tid.

Som avslutning på redovisningen om hur elever svarar på våra fyra optik-uppgifter vill vi uppmärksamma läsaren på en rapport i vår serie "Ämnesdidaktik i praktiken" Den heter "Att undervisa om geometrisk optik – kunskapsbas och lektionsförslag".

Mer information om denna finns på: <http://na-serv.did.gu.se/adip/>
 Rapporten kan också laddas ner som pdf-fil (8,5 MB):
<http://na-serv.did.gu.se/lightguide.pdf>

10. Rätt och fel om energi

Nedan finns fem exempel på hur man använder ordet energi i dagligt tal. Ange med kryss vilka exempel som är RÄTT och vilka som är FEL *ur naturvetenskaplig synpunkt*.

	Rätt	Fel
Man får energi genom att vila	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man får energi genom att klä sig varmt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Då man promenerar använder man energi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man får energi genom att dricka vatten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man får energi genom att äta mat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabell 6.12 Rätt och fel om energi. Andel elever (%) som val alternativet RÄTT för olika påståenden.

	1995 (n=665)	2003 (n=1 857)
<i>Då man promenerar använder man energi</i>	95	90
<i>Man får energi genom att äta mat</i>	94	92
Man får energi genom att dricka vatten	62	59
Man får energi genom att vila	48	67
Man får energi genom att klä sig varmt	23	27
Alla svar korrekta	13	8

Kriterium för G: Alla svar rätt.

Angående uppgift 10 är det positivt att nästan alla elever anser det vara naturvetenskapligt riktigt att man får energi genom att äta mat och att man använder energi då man promenerar. Men det är mindre tillfredsställande att 62 respektive 59 procent menar att man får energi i naturvetenskaplig mening genom att dricka vatten. Hur har denna uppfattning uppstått? En bidragande orsak är

kanske erfarenheten att man känner sig uppiggad och blir mer energisk om man släcker törsten med vatten. En annan anledning kan vara att eleverna visserligen lärt sig att vatten räknas in bland de näringsämnen som kroppen behöver men inte fått klart för sig skillnaden mellan gruppen ”protein, fett, kolhydrater” respektive ”vitaminer, mineraler och vatten” vad avser energiaspekten.

11. Hur kan en familj hushålla med energi?

En familj vänder sig till dig och säger: ”Vi tänkte att vi skulle använda mindre energi än vi brukar. Det gäller ju att spara energi. Vad kan vi då göra?” Vilka förslag har du att ge till familjen? Svara så utförligt du kan.

En komponentanalys av elevsvaren har genomförts. Ett antal sparkategorier har införts som huvudkomponenter (A tom. G) till vilka ibland hör ett antal underkomponenter. Vi anger för varje komponent hur stor andel av eleverna som har komponenten ifråga med i sina svar. Varje komponent kodas bara en gång för varje elev, oavsett hur många exempel som ges. Ibland är de exempel vi ger elevens hela svar, ibland är de en del av ett svar.

Tabell 6.13 Hur kan en familj hushålla med energi? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	1995 (n=699)	2003 (n=613)
<i>A. Elektricitet</i>		77	70
1. Spara el allmänt	Spara på strömmen.	10	9
2. Spara på belysning	Släcka alla lampor om behövs.	63	59
3. Spara på annat än belysning (exempel ges)	Ej använda torkskåpet, torktumlare.	44	37
<i>B. Vatten</i>		38	23
1. Spara på vatten	Att inte låta vattnet rinna i onödan.	20	8
2. Spara på kallvatten	Spara vatten genom att t.ex. stänga av vattnet när man borstar tändarna, skaffa en snålspolande toalett – sparar vatten.	3	1
3. Spara på varmvatten	Inte duscha så länge och inte i det allra hetaste vattnet.	22	17
<i>C. Bostadsvärme</i>	Inte ha på elementet.	31	14
<i>D. Transporter</i>	Använda bilen mindre, gå i stället.	6	2
<i>E. Konsumtion av varor</i>	Köp miljövänliga varor (det sparar indirekt energi) återvinn papper, glas, burkar (aluminium).	1	1

Tabell 6.13 forts.

Kategori	Exempel på svar	1995 (n=699)	2003 (n=613)
F. Alternativa energikällor	Köpa en vindkraft, sätta upp solfångare på taket, elda med ved om dom har kombinationspanna (både sådan som man kan elda ved och olja i).	17	16
G. Drastiska förslag	Bygga sig en liten hydda ute i skogen. Där kan dom leva på jakt och fiske, som på den gamla goda tiden.	1	1
H. Övrigt	Bara äta nyttiga saker.	10	8
Ej besvarat/Ej motiv.		9	19

Kriterium för G: Kategorierna A och B3 och C skall finnas med i elevernas svar.

För så gott som varenda komponent är det en viss nedgång från 1995 till 2003. Det är 7 procent som år 1995 har svar vilka innehåller kategorierna A och B3 och C. För 2003 är motsvarande tal 4 procent.

Först noteras att en relativt liten andel av eleverna, såväl 1995 som 2003, uppmärksammar möjligheten att spara energi utanför hemmet. Troligen gör uppgiftens familjesammanhang eleverna benägna att i sina tankar stanna innanför hemmets väggar. Sannolikt skulle lätta puffar av typ ”kan familjen spara energi också utanför hemmet?” ge betydligt fler svar i kategorierna ”transporter” och ”konsumtion av varor”. Likväl är de få svaren i dessa kategorier en påminnelse om att ta upp energisparande i såväl ett individuellt som kollektivt perspektiv.

Om vi går innanför hemmets väggar, så är det vanligaste sparförslaget att spara på belysning. Eftersom belysning svarar för cirka 20 procent av hushållens elanvändning, uppvärmning ej inräknad, är förslaget bra. Man kan undra varför detta sparförslag är relativt dominerande, jämfört med t.ex. att spara på bostadsvärme, som är den största posten på hushållens energiräkning. En spekulering är att det är fråga om ett gammalt energibeteende som lever kvar i kulturen. Den första hushållselen användes i stor utsträckning till belysning, och det gällde för gemene man, som levde under knappa omständigheter, att ”spara på strömmen”. Denna inställning kan ha förts vidare genom generationerna. Hur det än må vara med den saken visar elevsvaren att undervisningen behöver reda ut detaljer i energiflödet genom bostaden så att eleven blir medveten om de många delar som ingår (belysning, kyl- och frys, matlagning, tappvarmvatten, tvätt och tork, övriga elapparater, uppvärmning av bostaden) och dessas ungefärliga andel av hushållens energianvändning.

12. Vad orsakar lukt?

En burk målarfärg står på en hylla. Om man tar av locket på burken kan man efter ett tag känna en lukt av målarfärg. Vilket av följande alternativ beskriver bäst vad som händer? Sätt *ett* kryss!

- Molekyler från målarfärgen sprider sig åt alla håll från burken. Då de tränger in i näsan kan man känna en lukt.
- En lukt sprider sig åt alla håll från målarfärgen, men inga molekyler lämnar burken. Näsan kan känna lukten.
- Ångor sprider sig åt alla håll från målarfärgen, men inga molekyler lämnar burken. Näsan kan känna lukten.
- Molekyler från målarfärgen sprider sig åt alla håll från burken. Från molekylerna strömmar en lukt ut. När molekylerna är nära näsan kan man känna denna lukt.

Tabell 6.14 Vad orsakar lukt? Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=1 857)
Molekyler tränger in i näsan	16	18
En lukt sprider sig, ej molekyler	12	18
Ångor sprider sig, ej molekyler	61	37
Molekyler nära näsan avger lukt	9	22
Ej besvarat	1	5

Kriterium för VG: Rätt alternativ.

Då vi konstruerade denna uppgift för användning 1992 antog vi att den var svår eftersom kopplingen mellan lukt och molekyler som sprider sig enligt dåvarande undervisningspraxis inte betonades speciellt mycket. Detta tycks gälla också 2003. Det är fortfarande få elever som anger det rätta alternativet, men molekylerna har så att säga kommit lite närmare näsan – alternativet ”molekyler nära näsan avger en lukt” har blivit mer attraktivt. Uppgiftens innehåll bedöms ha stort undervisningsvärde. Det handlar om att förstå att molekylerna är materien och att länken mellan en källa för gasformiga utsläpp och vår kropp utgörs av osynliga molekyler, som kan komma in i kroppen via näsa och lungor. Huden kan också släppa igenom molekyler. Detta är något annat än svaret att det är ångor eller lukt och inte molekyler som lämnar flaskan och sprider sig till näsan. Den stora andel elever som väljer icke vetenskapliga alter-

nativ tycker vi tyder på en betydande brist i undervisningen. För att kunna följa med i miljödebatten behövs begrepp om att organismer är kemiska system som på olika sätt växelverkar med bl.a. molekylära ”sopor” i luften.

Pojkar och flickor

Vi har studerat skillnader mellan procentuella andelen pojkar och procentuella andelen flickor som har svar på minst G-nivå på respektive uppgift enligt uppställda kriterier. Detta är tekniskt komplicerat, bl.a. beroende på olika bortfall. Könsskillnaderna, vilka som regel är till pojkarnas fördel, är i flertalet fall ganska små. Några undantag finns, nämligen uppgifterna 3 (Går kolven att skjuta in?), 4 (Varför rinner inte saften ner?) och 9 (Vad är ett ljusår?) där de år 2003 är cirka 10 procentenheter till pojkarnas fördel. Jämfört med 1992 har skillnaderna över lag minskat något.

Vad tycker eleverna om fysikfrågorna?

Eleverna har ombetts att värdera våra frågor genom att göra skattningar med hjälp av fyrgradiga skalor. Vi undrar exempelvis: ”Var frågorna viktiga?” och erbjuder eleven fyra svarsalternativ, nämligen ”inte alls viktiga”, ”inte särskilt viktiga”, ”ganska viktiga” och ”viktiga”. Då vi analyserar avgivna svar finner vi att fysikfrågorna uppfattas som ej så intressanta, måttligt viktiga, ganska svåra men formulerade med ett rätt så lätt språk. Flickorna upplever frågorna som svårare, mindre intressanta och med ett svårare språk än pojkarna.

Sammanfattning och värdering

Det är nu dags att sammanfatta och värdera de resultat som vårt fysikprov har gett. Sammanfattningen utgörs av tabell 6.15.

Av tabellen kan man lätt få en uppfattning om hur stor andel av eleverna som uppnår minst godkänd på respektive uppgift (ibland är det fråga om att addera procenttalen för G och VG). För de uppgifter som är gemensamma 1992/1995 och 2003, med uppgift 7 och 12 ej inräknade och uppgift 11 räknad en gång, blir det i genomsnitt 36 procent 1992 och 29 procent 2003. De låga procenttalen är enligt vår värdering otillfredsställande. De är tecken på att det naturvetenskapliga undervisningssystemet, (dvs. statsmakten, lärarutbildningen, den utbildningsvetenskapliga forskningen, kommuner och skolorna med sina ledare, lärare och elever samt föräldrar) bara uppnår de undersökta kursplanemålen för en minoritet av eleverna.

Beträffande jämförelsen mellan 1992/95 och 2003 noteras en genomsnittlig nedgång med cirka sex procentenheter per uppgift. Många procenttal är dock mycket lika. För uppgift 9, 10, 11 och de fyra uppgifterna under Ke7 noteras

en nedgång. Uppgången beträffande ”när ljuset flickan” är något svår att tolka beroende på ändrad formulering.

Till detta lägger vi anmärkningen att det är vi som formulerat kriterier för vad som krävs för G respektive VG. Andra kan formulera andra kriterier, och då kan värderingen av de nationella resultaten bli annorlunda.

Tabell 6.15 Andelen svar (%) på godkänd (G) respektive väl godkänd (VG) nivå enligt uppställda kriterier och fördelade på uppgifter och fysikmål att uppnå i skolår 9.

Mål att uppnå i skolår 9	Uppgift	Nivå	1992/1995	2003
ha kunskap om tryck, värme och temperatur i sammanhang med materiens olika former	1. Vilken fasövergång är det?	G	41	41
	2. Vad innehåller kokbubblorna?	G	29	28
	3. Går kolven att skjuta in?	G	19	18
	4. Varför rinner inte saften ned?	G	44	44
	5. Bevaras massan då is smälter?	G VG	16 36	12 38
ha insikt i hur ljus utbreder sig, reflekteras och bryts samt hur ögat kan uppfatta ljus	6. Rätt och fel om ljus	G VG	– –	27 8
	7. När ljuset flickan?	G VG	5 27	*18 31
	8. Varför ändrar ljusfläcken färg?	G	10	10
	9. Vad är ett ljusår?	G	36	28
ha kunskap om olika energiformer & energi-omvandlingar samt vid tekniska tillämpningar miljö-, resurs- och säkerhetsaspekter	10. Rätt och fel om energi	G	13	8
	11. Hur kan en familj hushålla med energi?	G	7	4
kunna föra diskussioner om resursanvändning i privatlivet och i samhället	11. Hur kan en familj hushålla med energi?	G	7	4
ha insikt i materiens uppbyggnad av elementarpartiklar och atomer	12. Vad orsakar lukt?	VG	16	18
	Ke7. Vad visar partikelbilderna?			
	Bildpar A	G	44	27
	Bildpar B	G	58	42
	Bildpar C	G	44	32
	Bildpar D	G	75	50

*Uppgift 7 är något annorlunda formulerad 2003.

7. Elevernas kunskande i kemi

Provresultat

1. Hur många grundämnen finns det?

Ungefär hur många grundämnen finns det?

1 10 100 1 000 10 000

Tabell 7.1 Hur många grundämnen finns det? Fördelning (%) av elevsvar på alternativ.

	1992 (n=3 127)	2003 (n=1 818)
1	1	2
10	5	14
100	78	62
1 000	11	14
10 000	5	7
Ej besvarat	1	2

Kriterium för G: Rätt svar.

2. Vilken gas får glöd att flamma?

I skolan får Du lära Dig om gasers egenskaper. En viss gas finns i en kolv. Om man för ned en glödande trästicka i kolven, så börjar stickan brinna med en tydlig låga. Vilken är gasen?

Tabell 7.2 Vilken gas får glöd att flamma? Fördelning (%) av elevsvar på alternativ

	1992 (n=3 127)	2003 (n=580)
syre	38	21
väte	24	15
gasol/butan	5	6
koldioxid	4	5
övrigt	16	22
ej besvarat	14	31

Kriterium för G: Rätt svar.

3. Hur är luft sammansatt?

Ett av följande påståenden är riktigt. Vilket?

- Luft består till största delen av kväve och syre
- Luft består till största delen av syre och väte
- Luft består till största delen av koldioxid och syre
- Luft består till största delen av syre och ozon

Tabell 7.3 Hur är luft sammansatt? Fördelning (%) på olika alternativ.

	1992 (n=3 103)	2003 (n=1 818)
Kväve och syre	39	29
Syre och väte	26	27
Koldioxid och syre	34	41
Syre och ozon (argon -92)	0	1
Ej besvarat	1	2

Kriterium för G: Rätt svar.

Vi anser att kunskap om luftens sammansättning är av samma baskaraktär som att veta vilket land man bor i, och värderar därför resultatet – 39 respektive 29 procent rätt – som mindre bra. Man kan fråga sig varför alternativet ”syre och koldioxid” är så attraktivt (34 respektive 41 %). Kanske är det alla diskussioner om växthuseffekten och att vi måste reducera utsläppen av koldioxid som ”förstorar upp” denna gas, vars andel av atmosfären rör sig om 0,03 procent. Motsvarande tal för kväve är 78 procent. En annan spekulation är att biologiundervisningen om utbytet av syre och koldioxid mellan växter och djur övertolkas till att betyda att luft i huvudsak består av dessa två gaser. Vi anser att enbart resultatet av denna uppgift är en tillräcklig anledning för lärarna i fysik, kemi och biologi att fördjupa sitt samarbete angående hur undervisningen om gaser och deras egenskaper skall koordineras och utformas.

4. Vad består av atomer?

Vad består av atomer? Om Du anser att en kastrull består av atomer, så markerar Du JA. Om Du anser att en kastrull inte består av atomer, så markerar Du NEJ. Fortsätt sedan med resten av listan!

	Ja	Nej		Ja	Nej
Kastrull	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Molekyl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Olja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Magnetfält	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tulpan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vakuum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektron	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muskelcell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ljusstråle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Värme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Människa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabell 7.4 Vad består av atomer? Fördelning (%) av ja-svar på olika alternativ.

	1992 (n=3 127)	2003 (n=1 818)
Människa	89	85
Luft	86	81
Molekyl	84	81
Olja	79	77
Muskelcell	78	74
Kastrull	74	74
Tulpan	69	72
Magnetfält	58	58
Värme	–	56
Elektron	44	49
Ljusstråle	39	49
Vakuum	22	37

Alla rätt 1992: 15 %. Alla rätt 2003: 8 %. 2 fel, övriga rätt, 1992: 43 %. 2 fel, övriga rätt, 2003, värme ej inräknat: 27 %. Kriterium för G: Två fel, övriga rätt, värme ej inräknat.

Både i kapitel 5 (uppgift 1) och kapitel 6 (uppgift 1) har vi haft anledning att fundera över elevers svårigheter att överföra sitt kunskaps från läroböcker och lektionssalar till den omgivande verkligheten. Hur är det i detta sammanhang med atomer? Finns de för eleverna bara i kemikalens flaskor och burkar eller bygger de också upp vanliga föremål? Uppgift 4 belyser denna fråga. Det visar sig att eleverna ganska väl vet att atomer bygger upp en människa, luft osv. Det lägsta procenttalet gäller tulpan. Se tabell 7.4! Men här måste ambitionen vara

hundra procent, och därför är det väl motiverat att i undervisningen uppmärksamma frågan om var i omvärlden som atomerna finns. Det handlar om att klargöra gränsen mellan materiellt och icke materiellt. Materian är atomerna och atomerna är materian, i varje fall i kemi och biologi samt i klassisk fysik.

Om vi så vänder oss till det som är energi – magnetfält, värme och ljus – ser vi att eleverna råkar i svårigheter. De placerar atomer i det som är icke materiellt. Det är på något sätt så självklart för fysikläraren att ett magnetfält inte består av atomer att det kanske inte faller honom/henne in att diskutera detta. Men i ett elementärt atombegrepp ingår att veta både var atomer förekommer och inte förekommer.

5. Organisationsnivåer

Titta på orden *trådar*, *tyg* och *fibrer*. Med dessa ord kan man skriva följande mening: *Tyg* består av *trådar*, som i sin tur består av *fibrer*.

Titta nu på orden *molekyler*, *atomer* och *celler* och skriv en liknande mening. Fyll i rätt ord på rätt ställe!

..... består av, som i sin tur består av

Tabell 7.5 Organisationsnivåer. Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 127)	2003 (n=580)
Celler – molekyler – atomer	48	38
Celler – atomer – molekyler	15	16
Molekyler – celler – atomer	4	2
Molekyler – atomer – celler	10	9
Atomer – celler – molekyler	4	3
Atomer – molekyler – celler	14	13
Ej besvarat/övrigt	6	20

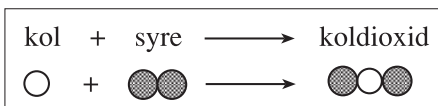
Kriterium för G: Rätt svar.

Vetenskapen har funnit det lämpligt att införa ett antal organisationsnivåer för att beskriva organismer, såsom atom – molekyl – cell – vävnad – organ – organism. Härigenom skapar man en viss ordning i materians värld som underlättar olika slags förståelse. Många elever tycks inte förstå hur dessa nivåer hänger ihop. En möjlig förklaring är att de helt enkelt inte har något behov av att bringa detaljerad ordning i det som är mycket smått. De hänför allt till en ka-

tegori – ”mycket smått”. En annan idé föds om man noterar att drygt 80 procent av eleverna i uppgift 4 svarar att molekyler består av atomer. På uppgift 5 sjunker denna relation till 48 procent + 10 procent respektive 38 procent + 9 procent. Detta gör att man misstänker att det finns en mer grundläggande tankesvårighet förknippad med uppgift 5, nämligen att hierarkiskt ordna abstrakta kategorier i flera steg.

6. Vad betyder bilden?

På en lektion skriver och ritar din kemilärare följande på tavlan:



Berätta utförligt med hjälp av dina kemikunskaper vad texten och bilderna betyder!

Tabell 7.6 Vad betyder bilden? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	2003 (n=580)
A. Svar på makronivå (atomer nämns ej)		25
1. Bildar/blir/omvandlas till/förenas till	Om man förenar kol och syre så bildas det koldioxid.	21
2. Kemisk reaktion/förbränning/kemiska tecken	Om syre och kol reagerar med varandra så bildas koldioxid. Om man oxiderar kol (c) med syre (o) får du ett ämne som heter koldioxid. kol_di_oxid... ett kol två syre. K+syre (energi)→CO ²	4
B. Svar på atomnivå		30
1. Ofullständiga/felaktiga atombegrepp	På bilden visar dem att en kolatom plus en syreatom bildar tillsammans en koldioxid molekyl.	8
2. Enbart atomer nämns	En kolatom plus två syreatomer blir koldioxid.	13
3. Atomer och molekyler nämns	En kolatom går ihop med en syremolekyl och bildar en koldioxid molekyl.	4
4. Reaktionsresonemang	Det betyder att när syre och kol reagerar med varandra så bildas det koldioxid. Deras atomer slås samman till en molekyl.	1

Tabell 7.6 forts.

Kategori	Exempel på svar	2003 (n=580)
5. Bindningsresonemang/ elektronresonemang	Det är en ensam kolatom som kan binda på fyra ställen som behöver binda till några andra atomer. Då kommer en syremolekyl och binder sig till kolet med två dubbelbindningar och bildar koldioxid. Kolatomens elektroner vill gärna ha två till elektroner för att bli "full" i skalen. Syre däremot vill gärna släppa ifrån en elektron. När dessa två blandas uppstår en kovalent bindning, syret delar med sig av sina sammanlagd två elektroner till koldioxiden. Därmed är båda nöjda. Kol och syre går ihop för att bilda ädelgasstruktur (fullt i yttre skalet), då bildas koldioxid.	2
6. Övrigt på atomnivå	Att koldioxid består av en kolatom och 2oxid atomer.	1
<i>C. Svar där makro- och atomnivå kombineras</i>		5
1. Ofullständiga svar	Om en kolatom och två syreatomer förenas kommer ämnet koldioxid bildas. Om man blandar Kol med syre så uppstår det ett nytt ämne nämligen koldioxid. Bilderna visar hur det först är en kolmolekyl som och när man tillsätter 2 st syremolekyler så sätter sig de runt om kolmolekylen och då har det bildats koldioxid.	2
2. Båda nivåerna presenteras	Om man sätter ihop kol och syre så blir det koldioxid genom en kemisk reaktion. Bilden under visar reaktionen med molekyler och atomer.	1
3. Rörlighet mellan nivåerna	En Kol atom (C) reagerar med syret (O ₂) i luften (gasmolekyler sätter alltid ihop sig två och två). Tillsammans bildar de molekylen Koldioxid (CO ₂). Pilen symboliserar själva reaktionen, det kan var till exempel eld. Koldioxid skapas alltid när kol förbränns i syre. Om det inte finns tillräckligt med syre skulle det skapas koloxid (eller kolmonoxid, CO). Om det inte fanns nåt syre alls skulle det inte kunna förbrännas eftersom syre är nödvändigt vid förbränning.	1
4. Övrigt med både makro och atomnivå	Om man tar en kolatom två syre molekyler så får man gasen koldioxid.	2
<i>D. Övrigt</i>	Det här är fotosyntesen. Jag vet inte så noga hur den fungerar.	8
<i>E. Ej besvarat/Ej motiv.</i>		31

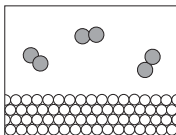
Kriterium för G: Kategori A2, B2, B3 eller B4. Kriterium för VG: B5, C2 eller C3.

Vi bedömer att nästan alla elever i grundskolan har mött ovanstående (eller liknande) bild med text i kemiklassrummet. För att förstå text och bild måste man känna till och kunna röra sig mellan olika organisationsnivåer, nämligen atomnivå och makronivå och med de modeller och begrepp som används på dessa båda nivåer. Frågan är ny för 2003 och resultatet är tecken på att eleverna inte i någon större utsträckning resonerar på båda nivåerna utan håller sig på en av dem.

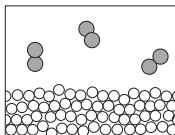
7. Vad visar partikelbilderna?

Nedan kan Du se hur några mycket små områden (4 st) ser ut FÖRST och LITE SENARE. Ofyllda cirklar betecknar atomer av ett slag, gråa cirklar atomer av ett annat slag, svarta cirklar atomer av ett tredje slag. Du lägger märke till att det hänt saker i varje område. Frågan är vad. Skriv bredvid varje bildpar vad som hänt. Välj bland orden *kemisk reaktion*, *lösning*, *avdunstning*, *smältning*, *stelning* och *kondensation*.

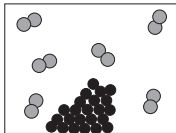
A. FÖRST



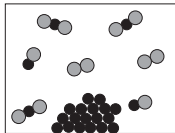
LITE SENARE



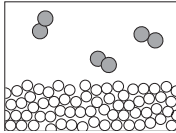
B. FÖRST



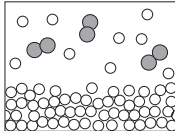
LITE SENARE



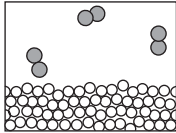
C. FÖRST



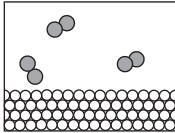
LITE SENARE



D. FÖRST



LITE SENARE



Tabell 7.7 A Vad visar bildpar A? Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 127)	2003 (n=580)
kemisk reaktion	10	7
lösning	20	17
avdunstning	5	5
smältning	44	27
stelning	1	3
kondensation	7	7
annat	3	3
ej besvarat	10	31

Kriterium för G: Rätt svar.

Tabell 7.7 B Vad visar bildpar B? Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 127)	2003 (n=580)
<i>kemisk reaktion</i>	58	42
lösning	7	7
avdunstning	8	8
smältning	4	4
stelning	2	2
kondensation	8	5
annat	4	3
ej besvarat	10	31

Kriterium för G: Rätt svar.

Tabell 7.7 C Vad visar bildpar C? Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 127)	2003 (n=580)
kemisk reaktion	6	6
lösning	17	13
<i>avdunstning</i>	44	32
smältning	5	4
stelning	1	1
kondensation	14	9
annat	3	2
ej besvarat	13	32

Kriterium för G: Rätt svar.

Tabell 7.7 D Vad visar bildpar D? Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 127)	2003 (n=580)
kemisk reaktion	1	1
lösning	1	2
avdunstning	3	4
smältning	3	3
stelning	75	50
kondensation	5	3
annat	3	3
ej besvarat	10	32

Kriterium för G: Rätt svar.

Tre av bildparen visar fasövergångar, och en fråga som inställer sig i anslutning till dessa är varför resultatet är så pass mycket bättre när det gäller stelning jämfört med kondensation och smältning. Förklaringen kan vara att det aktuella partikelsystemet rent visuellt upplevs som stelare "lite senare" jämfört med "först".

Ett av bildparen visar att nya molekyler bildas. Då vi ritade tänkte vi på förbränning av kol i syre. Det är alltså molekyler av kolmonoxid och koldioxid som uppträder "lite senare". Vårt sätt att visa detta kemiska förlopp torde vara helt nytt för eleverna. De bilder som de möter är snarare av den typ som visas i uppgift 6. Därför kanske 58 respektive 42 procent rätt kan betraktas som ett ganska bra resultat.

Vi hoppas att bildpar av den typ vi ritat kan vara ett värdefullt tillskott till kemiundervisningen. De visar att det är system av många partiklar som reagerar, vilket vanligtvis inte framgår av läroböckerna. Bilderna i dessa brukar bara ha med det minimum av atomer som behövs för en balanserad reaktionsformel.

8. Vilka är kemiska reaktioner?

Vilka av följande händelser är kemiska reaktioner? Om Du anser att en händelse är en kemisk reaktion markerar Du JA. Om Du anser att en händelse *inte* är en kemisk reaktion markerar Du NEJ.

	Ja	Nej		Ja	Nej
T-sprit brinner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bilplåt rostar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vatten kokar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fett sönderdelas av bukspott	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tenn smälter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	En uppblåst ballong spricker	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabell 7.8 Vilka är kemiska reaktioner? Fördelning (%) av ja-svar på olika alternativ.

	1992 (n=3 127)	2003 (n=1 818)
Bilplåt rostar	87	81
T-sprit brinner	73	79
Fett sönderdelas av bukspott	65	58
Tenn smälter	46	60
Vatten kokar	39	50
En uppblåst ballong spricker	22	30

Alla svar rätt 1992: 21 %, 2003: 13 %. Ett fel, övriga rätt 1992: 23 %, 2003: 18 %
Kriterium för G: Ett fel, övriga rätt. Kriterium för VG: Alla rätt.

En del av det kemiska kunnandet är att veta vad som är, och vad som inte är, kemiska reaktioner. Möjligheterna att avgöra detta torde öka ju mer kemi man kan. De elever som gör vårt prov är nybörjare i ämnet, och därför har vi försökt välja tydliga exempel inom ramen för grundskolans undervisning. Alternativen är två fasövergångar och en mekanisk förändring. Eleverna klarar ”bilplåt rostar” och ”T-sprit brinner” bra, men som helhet är bilden mer negativ. Det är 21 procent som har alla rätt 1992, och 13 procent 2003.

9. När bildas koldioxid?

När bildas det koldioxid? Om Du anser att det bildas koldioxid vid en händelse markerar Du JA. Om Du anser att det inte bildas koldioxid vid en händelse markerar Du NEJ.

	Ja	Nej		Ja	Nej
En vanlig bil kör	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Svavel brinner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ved brinner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Olja brinner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En människa går uppför en trappa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ett magnesium- band brinner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabell 7.9 När bildas koldioxid? Fördelning (%) av ja-svar på olika alternativ.

	1992 (n=3 127)	2003 (n=1 818)
En vanlig bil kör	78	80
Ved brinner	70	79
Olja brinner	67	63
En människa går uppför en trappa	57	57
Svavel brinner	53	53
Ett magnesiumband brinner	46	52

Alla svar rätt 1992: 13 %, 2003: 7 %. Ett fel, övriga rätt 1992: 15 %, 2003: 17 %
 Kriterium för G: Ett fel, övriga rätt. Kriterium för VG: Alla rätt.

Denna uppgift prövar kunnande av vikt bl.a. för att förstå delar av miljödebatten. Det visar sig att de flesta elever vet att koldioxid bildas då en bil kör, och även (2003) då ved brinner. Kunnandet är inte lika gott vad gäller olja som brinner och en människa som går uppför en trappa. Alternativen ”svavel brinner” och ”magnesium brinner” kan uteslutas med ett minimum av kemiska baskunskaper. (Svavel och magnesium är grundämnen. Då de brinner, dvs. förenas med luftens syre, bildas oxider, t.ex. magnesiumoxid.) Svaren pekar dock på att dessa baskunskaper inte används av många elever.

10. Vad betyder pH?

En skolklass mäter pH i två sjöar, Kroksjön och Lången. pH i Kroksjön är 5. pH i Lången är 6. Förklara så noga Du kan vad det är för kemisk skillnad på vattnet i Kroksjön och det i Lången.

Tabell 7.10 Vad betyder pH? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier. Eleverna 2003 har alla svarat elektroniskt.

Kategori	Exempel	1992 (n=3 103)	2003 (n=315)
A. Sjöarna är olika sura /olika basiska	Det är surare vatten i den ena sjön än i den andra.	4	8
B. Lången är surare /Kroksjön mer basisk	Lången har surare vatten än Kroksjön.	15	10
C. Kroksjön är surare /Lången mer basisk	Vattnet i Kroksjön är surare än det i Lången. Vattnet bör helst ha en pH på 7.	42	31
D. Mer kalk i Lången /mindre kalk i Kroksjön	Det är mindre kalk i Kroksjön än i Lången. (1992)	1	0

Tabell 7.10 forts.

Kategori	Exempel	1992 (n=3 103)	2003 (n=315)
E Högre koncentration /större andel vätejoner i Kroksjön	Kroksjön är surare än Lången. Det betyder att andelen vätejoner är större i Kroksjön. Vätejoner i för stor mängd är inte så nyttigt, därför är det svårare för de flesta varelser att leva i Kroksjön. Är det tillräckligt surt kan det fräta på vissa saker.	2	1
F. Tio gånger surare i Kroksjön	Det är tio gånger surare i Kroksjön.	1	1 elev
G. Tio gånger högre koncentration av vätejoner i Kroksjön	Kroksjön har 10 ggr fler vätejoner än Lången	3 elever	0
H. Övrigt	I Lången kanske det finns fler alger som tar upp syret i vattnet?	12	8
I. Ej besvarat/ej motiverat		24	41

Kriterium för G: Kategori C eller D. Kriterium för VG: kategori E, F eller G.

Denna uppgift prövar vilken innebörd eleverna lägger i två angivna pH-värden. Det är 64 resp. 50 procent som anger att pH har med surhet att göra. Ett problem är att komma ihåg åt vilket håll på skalan som det blir surare. Det är 15 resp. 11 procent som skriver fel (kategori B) och 4 resp. 8 procent som försiktigtvis säger att sjöarna är olika sura (kategori A). Vanligaste svaret är att vattnet är surare i Kroksjön (kategori C). Det är 3 procent resp. 1 procent av eleverna som uttrycker sig med viss kemisk precision. De säger t.ex. att det är högre koncentration av vätejoner (kategori E) eller 10 gånger surare i Kroksjön (kategori F).

Man kan se på kategori A, B och C som vardagligt tänkande med ett vetenskapligt inslag. Sur är ett begrepp som har en vardaglig erfarenhetsbas och pH är ett vetenskapligt begrepp som eleverna har viss kunskap om. Kategorierna E, F och G är exempel på vetenskapligt tänkande. Eftersom skolan strävar efter att utveckla det vetenskapliga tänkandet kan man bli besviken på de låga procenttalen för de senare kategorierna, men man kan också komma till ståndpunkten att kategori C är en tillräcklig ”medborgarkunskap”, och då är resultatet betydligt bättre.

11. Är utgångsämnenen giftiga?

Två ämnen A och B reagerar med varandra. Då bildas ett nytt ämne som är giftigt. Vad kan man säga om ämnena A och B? Markera ett alternativ!

- Både A och B är giftiga
- Ett av ämnena A och B är giftigt
- Både A och B är lite giftiga
- Inget av ämnena A och B behöver vara giftigt

Tabell 7.11 Är utgångsämnenen giftiga? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

	1992 (n=3 127)	2003 (n=1 818)
Både A och B är giftiga	4	6
Ett av ämnena A och B är giftigt	12	19
Både A och B är lite giftiga	3	7
Inget av ämnena A och B behöver vara giftigt	76	64
Ej besvarat	3	4

Kriterium för G: Rätt alternativ.

Vid kemiska reaktioner bevaras massan, under det att de reagerande ämnen försvinner och nya bildas med andra egenskaper än de ursprungliga. Detta kan sägas höra till den grundläggande förståelsen av kemiska reaktioner, och det är därför positivt att relativt stora andelar av eleverna väljer ett alternativ i enlighet med detta.

12. Varifrån kommer rostent?

Vissa spikar blir rostiga om de får stå i vatten eller nära vatten. Var finns rostent innan spiken rostar?

- Den finns i luften
- Den finns i vattnet
- Den har ännu inte bildats
- Den finns i spiken

Motivera ditt svar!

Tabell 7.12 Varifrån kommer rostent? Fördelning (%) på olika alternativ.

	1992 (n=3 127)	2003 (n=1 818)
I. Den finns i luften	9	11
II. Den har ännu inte bildats	67	58
III. Den finns i vattnet	6	11
IV. Den finns i spiken	14	18
Ej besvarat	3	3

Tabell 7.13 Varifrån kommer rostent? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 127)	2003 (n=580)
A. Rosten finns hela tiden (den flyttas, blir synlig etc.)	Rosten kommer med fuktig luft. (I) För vissa spikar är rost fria och de rostar inte alltså borde det finnas i de spikar som inte är rost fria. (IV)	7	3
B. Rosten uppstår ospecificerat	Rosten finns ju inte innan det har blivit rost. (II) Spiken omvandlas till rost. (IV)	3	2
C. Rosten uppstår p.g.a. påverkan av andra ämnen (angriper, fräter på m.m.)	Luften angriper spiken när den är blöt. (I) Jo, jag vet inte riktigt men jag tror att i vattnet finns det nåt som skadar järn. (III).	6	4
D. Rost uppstår (bara) om vissa ämnen är i kontakt		23	13
1. Spik/järn och vatten	Metall innehåller inte rost men det bildas då metallen kommer i kontakt med vatten en längre tid. (II) Det är det som finns i spiken som blir rost när det kommer i kontakt med vatten. (IV)	18	9
2. Spik/järn och syre/luft	Det finns ju syre i luften, om det kommer i kontakt med järnföremål så börjar de rosta. (I) Rosten bildas när spiken kommer i kontakt med syret i vattnet. (II)	1	1
3. Spik/järn och vatten och syre/luft	Rosten bildas inte förrän vatten och luft är tillsammans med den metallformiga saken. (II) När spiken kommer i kontakt med både vatten och syre (syre finns i vattnet) så börjar rost bildas på spiken. (I)	4	3

Tabell 7.13 forts.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 127)	2003 (n=580)
<i>E. Rost uppstår genom (kemisk) reaktion/förening</i>		23	17
1. Ospecificerat	Rosten är ett resultat av en kemisk reaktion. (II)	5	8
2. Spik/järn och vatten	Rost bildas genom en kemisk reaktion, alltså bildas inte rosten förrän spiken reagerar med vattenångorna eller vattnet. (II) Rosten är ett resultat av en kemisk reaktion som sker när atomerna i spiken reagerar med vattnets atomer. (II)	10	6
3. Spik/järn och luft/syre	Rosten bildas när järnet oxiderar. Det bildas en kemisk reaktion som leder till Fe ₂ O ₃ (II) Rost bildas när spikens yta oxideras. (II)	5	2
4. Spik/järn och vatten och luft/syre	Rosten är en kemisk förening mellan fukt och järn och rost. (II) Rosten har inte bildats ännu eftersom den bildas när järnet reagerar med vattnet och luften. (II)	3	1
<i>F. Övrigt</i>	Atomerna i båda föreningarna bildar elektronparbindningar som blir en beläggning på spiken. (II)	11	7
<i>Ej besvarat/Ej motiv.</i>	27	54	

Kriterium för G: Rätt kryssalternativ och motivering enligt kategori D. Kriterium för VG: Rätt kryssalternativ och motivering enligt kategori E.

En idé som elever använder för att förklara det som för naturvetaren är kemiska reaktioner är att ett till synes nytt ämne uppträder på en plats helt enkelt för att det har förflyttats dit. I en intervjuundersökning¹³ visades t.ex. en blank och en rostig spik. Eleverna, från Nya Zeeland och 11–17 år gamla, fick veta att den rostiga spiken, som från början var blank, hade stått till hälften nedsänkt i vatten i cirka en vecka. Eleverna sade spontant att spiken hade rosttat och fick då frågor som: Vad menar du med rosttat (rost)? Hur har rosten

¹³ Shollum, B. (1982). Reactions. In R. Osborne, P. Freyberg, & R. Tasker (Eds.), *Toward changing children's ideas: Selected working papers from the action-research phase*. (Section 9). Learning in Science Project, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.

kommit dit? Flera exempel på förflyttningstänkande finns bland svaren, bl.a.:
– *Vatten kom in i stålet, och har tagit ut nånting ur spiken så att den blivit sån, och det försvagar stålet.*

Holländska elever, 14–15 år gamla, har fått blanda blynitrat och kaliumjodid, båda vita pulver, i en mortel med en mortelstöt.¹⁴ Det blir en gul färg (blyjodid). Ofta förklarar eleverna den gula färgen med att de vita kornen är som ägg. Om de krossas kommer ”gulan” ut och färgar blandningen. Författarna framhåller: ”Det verkar som om de flesta elever i 14-årsåldern håller fast vid en outtalad och underförstådd idé, nämligen att varje enskilt ämne konserveras, vad som än händer.”

Idén med uppgift 12 är bl.a. att utmana denna förflyttningsmodell. Det är 29 resp. 40 procent av eleverna som kryssar i något av förflyttningsoptionerna I, III eller IV. En inte ovanlig idé är att rost finns inuti spiken. Exempelvis skriver en elev att när spiken blir fuktig, så suger vattnet fram rosten ur spiken. Men hela 67 resp. 58 procent anger som kryssalternativ att rosten ännu inte har bildats, trots att själva frågeställningen leder mot att rosten har funnits någonstans innan den blev synlig på spiken. Detta är i och för sig bra, men när man undersöker deras motiveringar ser man att dessa ibland motsäger det valda kryssalternativet. Det är bara 19 respektive 11 procent som har rätt kryssalternativ och motiverar med att rost uppstår då vissa ämnen är i kontakt, och 20 respektive 15 procent som har rätt kryssalternativ och motiverar med att rost uppstår genom en kemisk reaktion.

13. Vad väger avgaserna?

I ett laboratorietest tankar man en bil med 50 kg bensin. Man kör därefter motorn tills tanken är tom och tar reda på hur mycket materia som kommer ut ur avgasröret under tiden. Vad blir resultatet? Markera ett alternativ!

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Mycket mindre än 50 kg | <input type="checkbox"/> Mer än 50 kg |
| <input type="checkbox"/> Mindre än 50 kg | <input type="checkbox"/> Mycket mer än 50 kg |
| <input type="checkbox"/> Cirka 50 kg | |

Motivera ditt svar!

¹⁴ de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1985a). A new road to reactions, part 1. *Journal of Chemical Education*, 62, 238–240.

Tabell 7.14 Vad väger avgaserna? Fördelning (%) av elevsvar på olika alternativ.

	1992 (n=3 127)	2003 (N=1 818)
A. Mycket mindre än 50 kg	21	19
B. Mindre än 50 kg	27	27
C. Cirka 50 kg	22	28
D. Mer än 50 kg	16	15
E. Mycket mer än 50 kg	12	7
Ej besvarat	3	4

Tabell 7.15 Vad väger avgaserna? Fördelning (%) av elevsvar på olika kategorier.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 127)	2003 (n=580)
A. Mycket mindre eller mindre än 50 kg		48	42
1. Bensinen används/förbrukas/förbränns/blir energi	För att en del av massan omvandlas till värmeenergi.	12	8
2. (A)vgaser är lätta/lättare än luft/lättare än bensin	Avgaserna blir ångor, vilket är lättare än flytande materia som bensin.	12	9
3. Övrigt	En del bensin är ju kvar i bilen, allt kommer inte ut.	7	3
4. Ej motiverat		17	22
B. Cirka 50 kg		22	28
1. Det som kommer in går ut. Inget försvinner	Den tankades med 50 kg och ingenting försvinner, allting sprids.	6	6
2. Annan form/omvandling m.m. men ändå 50 kg	Det väger ju inte mindre bara för att det är gas, det är bara det att det kommer mera.	4	3
3. Övrigt	... jag antar att mycket av bensinen förbränns, men att det också tillkommer saker, så att det i alla fall blir typ 50 kg.	2	1
4. Ej motiverat		10	18
C. Mer eller mycket mer än 50 kg		28	21
1. Gas är tung/är mer/sprids ut/har större volym	Bensinen är mer fastare, gas är mer fylligare.	3	4
2. Syre/luft blandas in, tillkommer	Man har luft och annat som man tillför.	3	1
3. Bensinen reagerar (förbränns) med luft/syre	Det är en reaktion som involverar mer ämnen än just oktan och resten av beståndsdelarna i bensin. T.ex. syre.	1	1

Tabell 7.15 forts.

Kategori	Exempel på svar	1992 (n=3 127)	2003 (n=580)
4. Övrigt	När man räknar ut materiaen gångrar man med 10.	7	2
5. Ej motiverat		14	13
D. Ej besvarat (inget kryss och ingen motivering)		2	9

Kriterium för G: Kategori C5, dvs. enbart kryssvar enligt alternativen "mer" eller "mycket mer" än 50 kg.
 Kriterium för VG: Kategori C2 eller C3.

Om man inte har mött vårt avgasproblem tidigare, så torde det vara mycket svårt. Det gäller att inse att förbränning av bensin i motorn innebär att den reagerar med syre, dvs. syre tillkommer. Eftersom materia bevaras innebär detta att avgasernas massa är större än 50 kg. Om en elev i skolår 9 lyckas föra ett resonemang liknande detta tycker vi att det är bra.

Om man antar att de huvudsakliga förbränningsprodukterna är vatten och koldioxid, och att bensinen är uppbyggd av kol- och väteatomer i proportionen CH_2 kan man göra en överslagsberäkning, som ger att det är ungefär 220 kg som kommer ut ur avgasröret. Då har man inte tagit hänsyn till att det förutom syrgas också sugas in kväve i motorn (luft består av 21 % syre och 78 % kväve). Det mesta av detta kväve går bara igenom motorn utan att reagera med bensinen, men det kommer ut ur avgasröret. Allt som allt är det därför närmare ett ton materia som kommer ut ur avgasröret då man kör upp 50 kg bensin.

Intressant i sammanhanget är att det för varje kilogram bensin bildas cirka 3 kg koldioxid, som emitteras via avgasröret till miljön. Om man förutom detta betänker att världens bilpark är av storleksordningen 500 miljoner så inser man vilken betydande undervisningspotential som vårt avgasproblem har, både när det gäller människans energiförsörjning och förstärkningen av växthuseffekten.

För den som vill fördjupa sig i elevers föreställningar om materia och kemiska reaktioner föreslår vi följande "workshops":

- Materiens bevarande
- Materiens byggnad
- Materiens faser
- Blandning, lösning och vattnets kretslopp
- Ämnen
- Kemiska reaktioner

De kan laddas ner som pdf-filer via:

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/trialunits.html>

För den som vill gå vidare med problematiken kring växthuseffektens förskjutning och människans energianvändning föreslår vi följande workshops, som kan laddas ner via samma adress:

- Energiflödet genom natur och samhälle
- Växthuseffekten, tekniken och samhället

Pojkar och flickor

Vi har studerat skillnader mellan procentuella andelen pojkar och procentuella andelen flickor som har svar på minst G-nivå på respektive uppgift enligt uppställda kriterier. Detta är tekniskt komplicerat, bl.a. beroende på olika bortfall. Könsskillnaderna, vilka som regel är till pojkarnas fördel, är ganska små. Jämfört med 1992 har skillnaderna över lag minskat.

Vad tycker eleverna om kemifrågorna?

Eleverna har ombetts att värdera våra frågor genom att göra skattningar med hjälp av fyrgradiga skalor. Då vi analyserar avgivna svar finner vi att kemifrågorna uppfattas som måttligt intressanta, varken viktiga eller oviktiga, ganska svåra men formulerade med ett rätt så lätt språk. Flickor och pojkar tycker tämligen lika.

Sammanfattning och värdering

Det är nu dags att sammanfatta och värdera de resultat som vårt kemiprova har gett. Sammanfattningen utgörs av tabell 7.16. Av tabellen kan man lätt få en uppfattning om hur stor andel av eleverna som uppnår minst godkänd på respektive uppgift (ibland är det fråga om att addera procenttalen för G och VG). Om vi begränsar oss till de uppgifter som är gemensamma för 1992 och 2003, och utesluter Fy 12, blir det i genomsnitt 46 procent 1992 och 36 procent 2003. De låga procenttalen är enligt vår värdering otillfredsställande. De är tecken på att det naturvetenskapliga undervisningssystemet, (dvs. statsmakten, lärarutbildningen, den utbildningsvetenskapliga forskningen, kommuner och skolorna med sina ledare, lärare och elever samt föräldrar) bara uppnår de undersökta kursplanemålen för en minoritet av eleverna.

Beträffande jämförelsen mellan 1992 och 2003 är det en påfallande försämring med i genomsnitt tolv procentenheter.

Till detta lägger vi anmärkningen att det är vi som formulerat kriterier för vad som krävs för G respektive VG. Andra kan formulera andra kriterier, och då kan värderingen av de nationella resultaten bli annorlunda.

Tabell 7.16 Andelen svar (%) på godkänd (G) respektive väl godkänd (VG) nivå enligt uppställda kriterier och fördelade på uppgifter och kemimål att uppnå i skolår 9.

Mål att uppnå i skolår 9	Uppgift	Nivå	1992	2003
ha kunskap om några grundämnen, kemiska föreningar och kemiskt-tekniska produkter	1. Hur många grundämnen finns?	G	78	62
	2. Vilken gas får glöd att flamma?	G	38	21
	3. Hur är luft sammansatt?	G	39	29
förståelse av materiens struktur och egenskaper	4. Vad består av atomer?	G	43	27
	5. Organisationsnivåer	G	48	38
	6. Vad betyder bilden?	G	–	22
		VG	–	4
	7. Vad visar partikelbilderna?			
	Bildpar A	G	44	27
	Bildpar B	G	58	42
Bildpar C	G	44	32	
utvecklar kunskap om omvandlingar vid kemiska reaktioner	8. Vilka är kemiska reaktioner?	G	23	18
		VG	21	13
	9. När bildas koldioxid?	G	15	17
		VG	13	7
ha kunskap om egenskaper hos luft och dess betydelse för kemiska processer som korrosion och förbränning	10. Vad betyder pH?	G	43	31
		VG	3	1
	11. Är utgångsämnen giftiga?	G	76	64
	12. Varifrån kommer rosten?	G	19	11
		VG	20	15
13. Vad väger avgaserna?	G	14	13	
	VG	4	2	
	Bi 5. Vad händer med atomerna i det döda djuret?	G	34	19
		VG	6	17
ha kunskap om begreppen fast och flytande form, gasform samt kokning, avdunstning och stelning	Fy 1. Vilken fasövergång är det?	G	41	5
	VG	–	36	
	Fy 2. Vad innehåller kokbubblorna?	G	29	28
utvecklar förståelse av materiens oförstörbarhet, omvandlingar, kretslopp och spridning	Fy 5. Bevaras massan då is smälter?	G	16	12
		VG	36	38
	Fy 12. Vad orsakar lukt?	VG	16	18

8. Eleverna bedömer skolans biologi, fysik och kemi

Om databearbetningen

Elever och lärare har svarat på många enkätfrågor (se kapitel 8 och 9) genom att göra skattningar med hjälp av en skala. Då de bedömer ett visst påstående väljer de t.ex. något av alternativen ”stämmer mycket bra”, ”stämmer ganska bra”, ”stämmer ganska dåligt” och ”stämmer mycket dåligt”. För att i respektive kapitel på ett enkelt och överskådligt sätt kunna presentera resultatet av tre olika enkäter, vardera med cirka 80 påståenden som bedöms i företrädesvis fyrgradiga skalor, har vi transformerat dessa på följande sätt. Varje alternativ har tilldelats ett numeriskt värde, t.ex. ”stämmer mycket bra” = 2, ”stämmer ganska bra” = 1, ”stämmer ganska dåligt” = -1, ”stämmer mycket dåligt” = -2. Sedan har vi räknat ut viktade medelvärden vilket ger oss ett mått på vad hela undersökningsgruppen tenderar att tycka om det givna påståendet. Måttet används *bara* för att positionera gruppen på skalan från ”stämmer ganska bra” till ”stämmer mycket dåligt”. Ju högre positivt värde, desto mer tenderar gruppen att instämma, ju lägre negativt värde desto större avståndstagande. Som regel är det ett visst alternativ som är mest frekvent, och omkringliggande alternativ alltså mindre frekventa. Vi håller reda på om svarsfördelningen avviker markant från den som är vanligast och reflekterar i så fall över vad detta eventuellt betyder. Allmänt sett uppfattar vi enkäter som relativt osäkra mätinstrument, och söker därför efter tydliga svarsmönster för grupper av påståenden snarare än hur påståenden bedöms ett och ett.

Elevenkäternas frågor och delfrågor har besvarats av i genomsnitt 2020, 1 790 och 1 780 elever angående biologi, fysik respektive kemi. Det betyder ett bortfall på i genomsnitt cirka 50, 50 respektive 70 svar (jämför tabell 4.4). Bortfallet beror på att en fråga eller en delfråga inte besvarats. Variationen i detta svarsbortfall är liten (cirka ± 30). Angående frånvarobortfall, se slutet av kapitel 4.

Mål, utvärdering och återkoppling

Utvärdering ger information till läraren och den som lär sig, som kan användas till att försöka förbättra undervisning och lärande. En nödvändig förutsättning för detta är att man satt upp mål – utan mål så kan man som bekant inte gå vilse.

Utvärdering, bedriven med lätt men systematisk hand, kan vara en kraftfull motor som driver undervisningen och lärandet mot allt bättre målpuppfyllelse. En relativt omfattande vetenskaplig dokumentation bestyrker detta beträffande

så kallad formativ utvärdering, dvs. sådan vars resultat faktiskt används till förbättringsarbete.¹⁵ Det är därför av stort intresse hur eleverna upplever denna centrala aspekt av undervisningsprocessen.

Frågor om målen i biologi, fysik och kemi

Eleverna har fått ta ställning till tre påståenden om målen i biologi, fysik och kemi. Svartalternativen är ”stämmer mycket bra”, ”stämmer ganska bra”, ”stämmer ganska dåligt” och ”stämmer mycket dåligt”. Vi har gjort om denna skala till en med värdena 2, 1, -1, -2 och räknat ut viktade medelvärden. Resultaten framgår av tabell 8.1. I denna och följande tabeller anges också medelvärdeskillnader (d) mellan pojkar och flickor (dvs. medelvärdet för pojkar minus medelvärdet för flickor).

Tabell 8.1 Grad av instämmande (viktade medelvärden) i olika påståenden. Maxvärde 2, minvärde -2. d är medelvärdeskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	biologi (n≈2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)
Vi elever får veta vad som är bestämt i kursplan i ämnet att vi ska lära oss	0,3 d=0,5	0,2 d=0,5	0,2 d=0,5
Läraren är tydlig med vad hon/han förväntar sig av oss i ämnet	0,5 d=0,2	0,4 d=0,4	0,4 d=0,3
Vi får tydligt reda på vad vi ska klara för att få olika betyg i ämnet	0,6 d=0,3	0,5 d=0,5	0,5 d=0,5

Här är alla värden positiva, vilket är bra, men man kan alltid önska att de vore högre. Borde de inte ligga mellan 1 och 2? I så fall är resultatet en fingervisning från eleverna att deras lärare behöver förbättra sin förmåga att kommunicera mål och betygs-kriterier. Det är intressant att notera att pojkarna genomgående upplever större tydlighet i mål och krav än flickorna. Varför är det så?

Hur tar läraren reda på vad eleven kan?

Eleverna har fått ange hur ofta olika metoder att ta reda på vad han/hon kan används. Svartalternativen är ”ofta”, ”ibland”, ”sällan” och ”aldrig”. Vi har gjort om denna skala till en med värdena 2 (ofta), 1, -1, -2 (aldrig), och räknat ut viktade medelvärden. Resultaten framgår av tabell 8.2.

¹⁵ Black, P., & William, D. (1998). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139-48.

Tabell 8.2 Hur ofta äger olika aktiviteter rum när det gäller att ta reda på vad eleverna kan? Viktade medelvärden, maxvärde 2 (ofta), minvärde -2 (aldrig). d är medelvärdesskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	biologi (n=2 020)	fysik (n=1 790)	kemi (n=1 780)
Prov	1,2 d=0,0	1,2 d=-0,1	1,2 d=-0,2
Genom att se vad jag gör	0,9 d=-0,1	0,8 d=-0,1	0,8 d=0,0
Skriftligt läxförhör	0,6 d=0,1	0,2 d=0,2	0,5 d=0,1
Samtal i klassen	0,4 d=0,1	0,1 d=0,2	0,1 d=0,2
Redovisning av eget arbete	0,1 d=0,3	0,0 d=0,3	-0,2 d=0,4
Muntligt läxförhör	0,2 d=0,2	0,0 d=0,3	0,1 d=0,4
Redovisning av grupparbete	-0,1 d=0,3	-0,3 d=0,3	-0,4 d=0,5

Prov är enligt eleverna den vanligaste metoden att ta reda på vad eleven kan. Angående denna metod finns en omfattande internationell dokumentation¹⁶ som visar, att när prov lämnas tillbaka så är eleven primärt intresserad av sitt betyg och sin rangordning snarare än av att förbättra sina kunskaper där det finns brister. Det finns visserligen inga frågor om detta i enkäten, men vår erfarenhet är att de internationella resultaten också gäller för Sverige. Vi tycker att det är en angelägen uppgift att utforma prov så att de fungerar som återkoppling, vilken kan leda till förbättrat lärande. Vi beklagar också att ”diagnostiska test”, ”samtal om förståelse” och liknande inte finns med som alternativ på denna uppgift på enkäten (se dock tabell 8.12).

Läraren samtalar med eleven om hur det går i ämnet

Eleven har tillfrågats om de samtal som läraren har med honom/henne om hur det går i ämnet. Hur ofta sådana samtal enligt elevens bedömning sker framgår av tabell 8.3. De elever som deltagit i sådana samtal har också tillfrågats om hur ofta olika innehåll förekommer i dessa samtal. Svartalternativen är ”varje gång”, ”ibland”, ”sällan” och ”aldrig”. Vi har gjort om denna skala till en med

¹⁶ Black, P., & Wiliam, D. (1998). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139-48.

värdena 2 (varje gång), 1, -1, -2 (aldrig), och räknat ut viktade medelvärden. Resultaten visas i tabell 8.4.

Tabell 8.3 Hur ofta sker samtal om hur det går i ämnet? Ämnesvis fördelning (%) på olika alternativ enligt elevens bedömning.

	biologi (n≈2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)
Talar inte om det alls	15	18	19
En gång per läsår	9	9	9
En gång per termin	61	55	57
Varje månad	11	10	10
Varje vecka	2	3	3

Tabell 8.4 Hur ofta äger olika aktiviteter rum då läraren talar med eleven om hur det går i ämnet? Viktade medelvärden, maxvärde 2 (varje gång), minvärde -2 (aldrig). d är medelvärdesskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

Vi talar om ...	biologi (n≈2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)
... vad jag kan förbättra	1,2 d=0,3	1,3 d=0,0	1,4 d=0,0
... hur jag kan förbättra mig	1,1 d=0,2	1,2 d=0,1	1,2 d=0,1
... vad jag är bra på	1,3 d=0,1	1,2 d=0,3	1,2 d=0,1
... vad jag är dålig på	0,9 d=0,5	1,0 d=0,3	1,1 d=0,2
... hur jag tycker undervisningen ska vara	0,2 d=0,5	0,1 d=0,6	0,2 d=0,5
... att jag måste skärpa mig	-0,1 d=1,1	-0,1 d=0,6	0,1 d=0,8

De höga värdena på de fyra första påståendena tyder på att samtalen om hur det går i ämnet sker på ett konstruktivt sätt. En intressant detalj är de stora könsdifferenserna när det gäller "att jag måste skärpa mig". Är det så att läraren tror att tuffa uppmaningar liknande denna har effekt på pojkarna men inte på flickorna? Denna typ av "coaching" torde knappast bidra till att öka pojkarnas entusiasm för skolans naturvetenskap.

Eleven bedömer själv sitt arbete och sitt resultat

En av enkätens frågor löd: Hur bedömer du själv ditt arbete och dess resultat? Därefter följde fem påståenden. Eleven skulle, för vart och ett, ange om det ”stämmer mycket bra”, ”stämmer ganska bra”, ”stämmer ganska dåligt” och ”stämmer mycket dåligt”. Vi har gjort om denna skala till en med värdena 2, 1, -1, -2, och räknat ut viktade medelvärden. Resultaten framgår av tabell 8.5.

Tabell 8.5 Grad av instämmande (viktade medelvärden) i olika påståenden om hur eleverna bedömer sitt eget arbete. Maxvärde 2, minvärde -2. d är medelvärdesskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	biologi (n≈2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)
Jag anstränger mig för att göra mitt bästa	1,2 d=-0,2	1,0 d=0,2	0,9 d=0,1
Jag tycker att jag själv kan bedöma vad jag är bra och mindre bra på	1,2 d=-0,1	1,0 d=0,1	1,0 d=0,0
Jag tycker att jag tar ansvar för mitt arbete	1,1 d=-0,2	1,0 d=0,2	0,9 d=0,0
Läraren ger mig rättvisa betyg i...	1,0 d=-0,1	0,9 d=0,0	0,8 d=0,0
Jag får visa vad jag kan	0,9 d=0,0	0,7 d=0,3	0,6 d=0,3

Vi tycker att lärarna kan känna sig nöjda med att eleverna, både pojkar och flickor, tycker att det stämmer ganska bra att deras lärare sätter rättvisa betyg. Betygsättning är ju en svår konst!

Vi framhöll ovan att utvärdering, bedriven på lämpligt sätt, kan vara en kraftfull motor som driver undervisningen och lärandet mot allt bättre måluppfyllelse. Sådan utvärdering kallas formativ, eftersom den går ut på att forma en verksamhet så att den förbättras. Vi har utvecklat en workshop som i detalj går in på hur man kan bedriva formativ utvärdering när det gäller området fotosyntes. Den heter kort och gott ”Formativ utvärdering med fotosyntes som exempel” och kan laddas ner som en pdf-fil från: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/trialunits.html>

Vi har också utvecklat kurser framför allt inriktade på att utvärdera begreppsförståelse. Ett omfattande studiemateriel med många exempel från biologi, fysik och kemi finns tillgängligt via: <http://na-serv.did.gu.se/luna/luna.html>

Vad tycker eleverna om biologi, fysik och kemi?

Hur viktigt är ämnet?

Eleven har ombetts ta ställning till några påståenden som har att göra med hur viktigt ämnet är. För varje påstående anger eleven om det ”stämmer mycket bra”, ”stämmer ganska bra”, ”stämmer ganska dåligt” och ”stämmer mycket dåligt”. Skalan är transformerad till en med värdena 2, 1, -1, -2, varefter viktade medelvärden räknats ut. Resultaten framgår av tabell 8.6.

Tabell 8.6 Grad av instämmande (viktade medelvärden) i olika påståenden om hur viktigt ämnet är. Maxvärde 2, minvärde -2. d är medelvärdesskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	biologi (n≈2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)
Jag tycker det är viktigt att ha bra kunskaper i ämnet	0,8 d=-0,3	0,4 d=0,4	0,0 d=0,4
Ämnet är viktigt	0,7 d=-0,4	0,3 d=0,3	0,0 d=0,3
De vuxna jag bor tillsammans med tycker att ämnet är viktigt	0,4 d=-0,3	0,1 d=0,3	-0,1 d=0,2
Kunskap i ämnet kommer jag att behöva för att klara mina fortsatta studier	0,2 d=-0,4	0,0 d=0,5	-0,2 d=0,4
Kunskap i ämnet är bra för det jag tänker arbeta med i framtiden	-0,3 d=-0,3	-0,4 d=0,7	-0,7 d=0,4

Liksom 1992 är ämnenas ”viktighetsordning” biologi – fysik – kemi. Om man summerar ”viktighetspoängen”, dvs. poängen för alla fem påståenden, syns denna ordning än tydligare: +1,8; +0,4; -1,0. Flickorna tycker att biologi är viktigare än pojkarna, för fysik och kemi är det tvärt om. Så var det även 1992.

Hur intressant och svårt är ämnet?

Tre påståenden har att göra med hur intressant ämnet upplevs vara, och två med hur svårt det är. Eleverna har tagit ställning enligt ovan angiven skala. Resultatet ges i tabell 8.7.

Tabell 8.7 Grad av instämmande (viktade medelvärden) i olika påståenden om hur intressant och svårt ämnet är. Maxvärde 2, minvärde -2. d är medelvärdeskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	biologi (n≈2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)
Ämnet intresserar mig	0,6 d=-0,4	0,1 d=0,7	0,1 d=0,6
Böckerna i ämnet är intressanta	0,2 d=-0,1	-0,2 d=0,7	-0,2 d=0,4
Jag arbetar med ämnet bara för att klara av proven	-0,2 d=0,4	0,2 d=-0,3	0,2 d=-0,1
Böckerna i ämnet är svåra att förstå	-0,5 d=0,0	-0,2 d=-0,3	-0,2 d=-0,2
Ämnet är svårt	-0,1 d=0,2	0,5 d=-0,6	0,6 d=-0,4

Biologi upplevs som intressantare än fysik och kemi. Mellan dessa båda ämnen är skillnaderna obetydliga. Denna bild gällde även 1992. Biologi upplevs som lättare än fysik och kemi, vilket även uttrycktes 1992. Flickorna är mer intresserade av biologi än pojkarna, för fysik och kemi är det tvärt om. Så var det också 1992.

Vad händer på lektionerna?

Arbetsätt

Eleverna har uppmanats att tänka tillbaka på den undervisning de fått i det givna ämnet de senaste 3 åren och tillfrågats om hur ofta olika arbetsätt förekommer. Alternativen har varit ”varje/de flesta lektioner”, ”ibland”, ”sällan” och ”aldrig/mycket sällan”. Vi har gjort om denna skala till en med värdena 2 (varje/de flesta), 1, -1, -2 (aldrig/mycket sällan) och räknat ut viktade medelvärden som ett mått på hela elevgruppens bedömning. Resultaten framgår av tabell 8.8.

Tabell 8.8 Hur ofta äger olika aktiviteter rum på lektionerna? Viktade medelvärden, maxvärde 2 (varje/de flesta lektioner), minvärde -2 (aldrig/mycket sällan). d är medelvärdesskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	biologi (n≈2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)
Eleverna sitter och lyssnar, läraren pratar	1,5 d=0,0	1,4 d=0,0	1,3 d=-0,1
Eleverna arbetar var för sig	1,1 d=0,1	1,0 d=-0,1	0,8 d=-0,1
Läraren pratar och ställer frågor, enskilda elever svarar	1,0 d=0,1	0,9 d=0,1	0,8 d=0,1
Läraren och eleverna diskuterar tillsammans	0,8 d=0,1	0,6 d=0,2	0,6 d=0,3
Eleverna arbetar i grupper	0,4 d=0,2	0,5 d=0,1	0,5 d=0,2
Eleverna genomför större arbeten eller projekt	0,1 d=0,2	0,1 d=0,1	-0,2 d=0,4

De höga värdena för ”eleverna lyssnar, läraren pratar” behöver inte tyda på att s.k. katederundervisning är en dominerande metod. Så gott som varje lektion torde läraren ge vissa arbetsinstruktioner till vilka eleverna sitter och lyssnar.

Stämning

Eleverna har fått ta ställning till hur ofta vissa saker sker som har med stämningen på lektionerna att göra. Alternativen har varit ”varje lektion”, ”ibland”, ”sällan” och ”aldrig”. Vi har gjort om denna skala till en med värdena 2 (varje), 1, -1, -2 (aldrig) och räknat ut viktade medelvärden. Resultaten framgår av tabell 8.9.

Tabell 8.9 Grad av instämmande (viktade medelvärden) i olika påståenden om stämningen på lektionerna. Maxvärde 2 (varje lektion), minvärde -2 (aldrig). d är medelvärdesskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	biologi (n≈2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)
Det är en trevlig, positiv stämning	1,1 d=0,0	0,9 d=0,2	0,9 d=0,2
Eleverna lyssnar inte när läraren pratar	0,3 d=0,1	0,5 d=-0,1	0,6 d=-0,1
Det är störande oljud och dålig ordning	0,4 d=0,1	0,5 d=-0,1	0,5 d=-0,1
Arbetet kommer igång först långt efter det att lektionen börjat	0,2 d=0,1	0,3 d=0,0	0,4 d=-0,2

Det allmänna intrycket av tabell 8.9 är att stämningen relativt ofta är trevlig och positiv för alla tre ämnena. Stök förekommer mera sällan. Pojkar och flickor har ungefär samma upplevelse.

Hur upplever eleverna sin lärare?

Eleverna har fått ta ställning till sju påståenden om sin lärare. Svartalternativen är ”stämmer mycket bra”, ”stämmer ganska bra”, ”stämmer ganska dåligt” och ”stämmer mycket dåligt”. Vi har gjort om denna skala till en med värdena 2, 1, -1, -2, och räknat ut medelvärden. Resultaten framgår av tabell 8.10.

Tabell 8.10 Grad av instämmande (viktade medelvärden) i olika påståenden om hur eleven upplever sin lärare. Maxvärde 2, minvärde -2. d är medelvärdesskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	biologi (n≈2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)
Läraren undervisar bra	1,3 d=0,0	0,9 d=0,3	0,9 d=0,2
Läraren behandlar pojkar och flickor lika	1,3 d=-0,1	1,2 d=-0,1	1,0 d=-0,1
Läraren tror på min förmåga att lära mig	1,1 d=0,0	0,9 d=0,2	0,8 d=0,1
Läraren är bra på att förklara när jag ej förstår	1,0 d=0,0	0,7 d=0,2	0,7 d=0,1
Läraren har förmåga att engagera mig och skapa intresse	0,9 d=0,0	0,5 d=0,5	0,6 d=0,3
Läraren är bra på att knyta undervisningen till samhället och livet utanför skolan	0,8 d=0,1	0,4 d=0,3	0,3 d=0,3
Läraren har höga förväntningar på oss	0,7 d=0,1	0,5 d=0,2	0,6 d=0,1

Helhetsintrycket av tabell 8.10 är att eleverna har en positiv upplevelse av sina lärare i biologi, fysik och kemi, vilket vi tycker att lärarna skall känna sig nöjda med. Allra mest uppskattning röner läraren i biologi. Pojkar och flickor är överens om mycket, men skiljer sig åt för fysik angående lärarens förmåga att engagera och skapa intresse, som flickorna anser vara märkbart sämre jämfört med pojkarnas uppfattning.

Stöd och hjälp

En av enkätfrågorna handlade om stöd och hjälp i ämnet. Eleverna har tagit ställning till sex påståenden. Svartalternativen är ”stämmer mycket bra”, ”stämmer ganska bra”, ”stämmer ganska dåligt” och ”stämmer mycket dåligt”. Vi har gjort om denna skala enligt ovan och räknat ut medelvärden. Resultaten framgår av tabell 8.11.

Tabell 8.11 Grad av instämmande (viktade medelvärden) i olika påståenden om stöd och hjälp i ämnet. Maxvärde 2, minvärde -2. d är medelvärdesskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	biologi (n≈2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)
Jag får den hjälp jag behöver	1,1 d=0,1	0,9 d=0,3	0,7 d=0,2
Läraren har tid med mig om jag undrar över något	1,1 d=0,1	0,9 d=0,1	0,8 d=0,2
Jag talar om för läraren när jag har problem	1,0 d=0,0	0,9 d=0,1	0,8 d=-0,1
Jag får stöd och uppmuntran i ämnet av läraren	0,7 d=0,0	0,5 d=0,3	0,5 d=0,2
Vi elever hjälper varandra	0,5 d=0,1	0,6 d=0,1	0,5 d=0,1
Jag får stöd och uppmuntran i ämnet hemifrån	0,5 d=-0,1	0,3 d=0,1	0,1 d=0,2

Det positiva intrycket av läraren som framgick av förra tabellen (8.10) bestyrks också av denna, särskilt bedömningen av de två första påståendena. Biologin uppfattas lite mer positivt än fysik och kemi.

Elevinflytande

En enkätfråga handlade om olika aspekter på elevinflytande. Eleverna har tagit ställning till sju påståenden. Svartalternativen är ”stämmer mycket bra”, ”stämmer ganska bra”, ”stämmer ganska dåligt” och ”stämmer mycket dåligt”. Vi har gjort om denna skala enligt ovan. Resultaten framgår av tabell 8.12.

Tabell 8.12 Grad av instämmande (viktade medelvärden) i olika påståenden om elevinflytande. Maxvärde 2, minvärde -2. d är medelvärdeskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	biologi (n≈2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)
Om jag har synpunkter och förslag tas de på allvar av läraren	0,7 d=0,1	0,5 d=0,2	0,4 d=0,3
Läraren tar reda på vad vi kan och inte kan när vi börjar med något nytt	0,4 d=0,2	0,3 d=0,4	0,3 d=0,3
Läraren planerar de olika inslagen tillsammans med oss elever	-0,2 d=0,4	-0,3 d=0,4	-0,2 d=0,5
Vi elever kan påverka arbetssättet, dvs. <i>hur</i> vi ska arbeta	-0,1 d=0,3	-0,2 d=0,3	-0,3 d=0,3
Vi elever kan påverka innehållet, dvs. <i>vad</i> vi ska arbeta med	-0,4 d=0,3	-0,4 d=0,4	-0,5 d=0,4
Vi elever kan påverka <i>hur länge</i> vi ska arbeta med olika områden	-0,6 d=0,4	-0,6 d=0,4	-0,6 d=0,4
Vi elever kan påverka hur proven ska se ut	-0,8 d=0,5	-0,9 d=0,5	-0,9 d=0,5

Vi tycker att bedömningen av i synnerhet första påståendet är en positiv indikation på att eleverna har möjlighet att påverka undervisningen. Många andra värden i tabellen kan förefalla låga, men vi anser inte att de utgör underlag för en negativ värdering av hur det ”står till” när det gäller elevinflytande över undervisningen inom det naturvetenskapliga området. Det är ju faktiskt så att läraren är expert och eleverna noviser med begränsade möjligheter att bedöma bl.a. innehåll och den tid som behövs för att behandla det. Ett genomgående drag i tabell 8.12 är att pojkarna uttrycker att de har större inflytande än flickorna.

När lär man sig bra?

Eleverna har ombetts bedöma om man lär sig bra eller ej i åtta olika situationer. En skala med fem steg har använts, nämligen ”mycket”, ”ganska mycket”, ”en del”, ”ganska lite”, ”nästan inget”. Vi har gjort om denna skala till en med värdena 2 (mycket), 1, 0, -1, -2 (nästan inget) och räknat ut viktade medelvärden. Resultaten framgår av tabell 8.13.

Tabell 8.13 När lär man sig bra? Viktade medelvärden, maxvärde 2 (mycket), minvärde -2 (nästan inget). d är medelvärdesskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	biologi (n=2 020)	fysik (n=1 790)	kemi (n=1 780)
När läraren berättar och förklarar	1,1 d=0,0	0,8 d=0,0	0,9 d=0,1
När jag diskuterar med läraren	0,9 d=0,0	0,7 d=0,0	0,7 d=0,1
När jag förbereder mig för prov	0,9 d=0,0	0,8 d=0,1	0,8 d=0,1
När jag antecknar från tavlan	0,7 d=-0,2	0,6 d=0,0	0,6 d=-0,1
När klassen diskuterar med läraren	0,6 d=0,2	0,4 d=0,4	0,4 d=0,4
När vi själva experimenterar	0,6 d=0,2	0,6 d=0,4	0,6 d=0,3
När jag läser läxor i NO-böckerna	0,5 d=0,1	0,4 d=0,2	0,4 d=0,3
När vi diskuterar i mindre grupper	0,4 d=0,0	0,4 d=0,2	0,3 d=0,3
När jag söker information i böcker, tidskrifter etc.	0,3 d=0,2	0,2 d=0,4	0,1 d=0,4
När jag är med på studiebesök	0,1 d=0,2	-0,1 d=0,4	-0,2 d=0,4
När jag söker information med hjälp av dator	0,1 d=0,2	0,0 d=0,5	-0,2 d=0,5

Några av situationerna tabell 8.13 fanns även med i enkäten 1992. Samma bedömningsskala som 2003 användes. ”När läraren berättar och förklarar” låg högst även då (medelvärde 1,0 för 3 114 elever). Också ”När jag förbereder mig för prov” fick ett högt medelvärde (0,8). Frågor om att söka information ingick ej 1992.

I tabelltoppen ligger ”läraren berättar och förklarar” och ”när jag diskuterar med läraren”, i dess botten att söka information ur olika källor. Detta är raka motsatsen till den populära föreställningen om effektivt lärande genom att eleven själv söker kunskap med läraren som en handledare i bakgrunden. Vårt vetenskapliga kunnande och våra erfarenheter säger oss att denna metod är ineffektiv när det gäller grundskolans naturvetenskap. Lärarens aktiva insatser är avgörande för vad eleven lär sig. Det är ju han eller hon som bär det naturvetenskapliga kunnandet. Utan lärarens begreppsintroduktioner och systematiska planering av situationer för begreppsanvändning är chansen liten att det blir

en bestående behållning av undervisningen. Vi ifrågasätter alltså föreställningen om eleven som informationssökare och läraren som en tillbakadragen handledare. Vi betraktar läraren som en aktiv kulturbärare snarare än som en hjälpreda i bakgrunden. Svarmönstret i tabell 8.13 anser vi vara ett stöd för denna vår ståndpunkt.

Hur har undervisningen påverkat?

Eleverna har fått ta ställning till ett antal påståenden om hur undervisningen i respektive NO-ämne påverkat dem. En skala med fem steg har använts med ytterligheterna ”stämmer mycket bra” och ”stämmer mycket dåligt”. Vi har gjort om denna skala till en med värdena 2, 1, 0, -1, -2 och räknat ut viktade medelvärden. Resultaten framgår av tabell 8.14. En identisk uppgift (så när som på ett påstående) gavs 1992 och gällde då hela NO-området (bi, fy, ke, NO-teknik)

Tabell 8.14 Hur har undervisningen påverkat? Viktade medelvärden, maxvärde 2 (stämmer mycket bra), minvärde -2 (stämmer mycket dåligt). d är medelvärdesskillnad mellan pojkar och flickor (P-F).

	2003			
	biologi (n=2 020)	fysik (n≈1 790)	kemi (n≈1 780)	1992 (n=3 114)
Undervisningen i ämnet har gjort att jag vill veta mer om den värld vi lever i	0,5 d=0,2	0,2 d=0,5	0,0 d=0,5	0,5
Undervisningen har gjort att jag är mera aktsam om miljön (t.ex. kastar inte batterier, plast etc. i naturen, handlar miljövänligt m.m.)	0,2 d=0,0	0,1 d=0,2	0,1 d=0,2	0,3
Undervisningen har gjort att jag är mer sparsam med energi (t.ex. sparar på varmvatten och el hemma)	-0,2 d=0,1	-0,3 d=0,3	-0,3 d=0,3	-0,4
Undervisningen har gjort att jag är mera noga med att äta bra mat (t.ex. mindre fett, mera fibrer)	-0,1 d=-0,1	-0,4 d=0,4	-0,3 d=0,3	-0,4
Jag bryr mig inte särskilt om undervisningen	-0,7 d=0,4	-0,5 d=0,0	-0,4 d=0,1	-0,8
Undervisningen har gjort att jag tänker välja ett gymnasieprogram med naturvetenskap eller teknik	-0,5 d=0,5	-0,7 d=0,9	-0,7 d=0,9	-

Det är naturligtvis varje lärares dröm att undervisningen skall öka elevernas vetgirighet och lust att lära. Därför kan man känna sig lite besviken över de svaga instämmanden som de gör i tabellens första påstående. Samtidigt måste man naturligtvis ha realistiska ambitioner – trots allt är värdena positiva.

Det är intressant att var för sig studera pojkars och flickors medelvärden angående första påståendet:

	bi	fy	ke
Pojkar:	0,4	0,4	0,3
Flickor:	0,6	-0,1	-0,2

Pojkarna ger uttryck för att stimuleras i lika grad av alla NO-ämnena, flickorna väsentligen av biologin.

För att kunna jämföra mellan 1992 och 2003 måste man tänka sig ett medelvärde av medelvärdena för biologi, fysik och kemi. Då noteras en viss nedgång från 92 till 03 när det gäller att instämma i det första påståendet. Likaså tar eleverna 2003, jämfört med 1992, inte lika kraftigt avstånd från påståendet ”Jag bryr mig inte särskilt om undervisningen”.

9. Lärarna och skolans naturvetenskap

Utbildning och erfarenhet

I vår undersökning ingår tre lärarenkäter som gäller undervisning i biologi, fysik respektive kemi. I klasser som gjort biologiprovet har deras biologilärare besvarat biologienkäten och på analogt sätt för fysik och kemi. Totalt har 243 lärare svarat, jämnt fördelade på de tre ämnena. Ingen tidsbegränsning har satts, och lärarna har svarat när de funnit detta lämpligt.

I gruppen finns olika utbildningar och examina representerade – se tabell 9.1.

Tabell 9.1 Fördelning (%) av lärare i NO-ämnena på olika utbildningar.

	biologi	fysik	kemi
Ej lärarutbildning	2	9	7
Folkskollärare/ mellanstadielärare	4	1	3
Lärare 1–7, ma-no	3	2	2
Lärare 4–9, ma-no	49	38	38
Praktisk lärarutbildning vid lärarhögskola, en/två/tre terminer	13	8	6
Ämneslärarlinje	18	25	24
Annat	10	17	21

Bakom de olika utbildningarna döljer sig olika ämneskurser. Omfattningen av dessa, uttryckt i poäng per person, framgår av tabell 9.2

Tabell 9.2 NO-lärarnas ämneskvalifikation, uttryckt i medelpoäng. Inom parentes anges antalet lärare som uppgett sina högskolepoäng i ett ämne. Andel (%) är andelen lärare som uppgett poäng i ett visst ämne.

	biologi	fysik	kemi	matematik	annan naturvetenskap	tekniska ämnen
1992	72	37	38	38	32	26
(N=322)	(150)	(162)	(204)	(189)	(119)	(26)
andel (%)	47	50	63	59	37	8
2003	45	26	32	32	30	16
(N=243)	(174)	(160)	(174)	(185)	(74)	(112)
andel (%)	72	66	72	76	30	46

Av tabellen kan man utläsa att lärarna har lägre ämneskvalifikation 2003 än 1992. Det gäller alla tabellens ämnen. Å andra sidan är andelen lärare som uppgett poäng i ett visst ämne större 2003. Detta gäller alla ämnen utom ”annan naturvetenskap”. Förklaringen torde vara att det år 2003 är en större andel lärare som har utbildning i alla tre NO-ämnena, teknik och matematik.

Lärarnas sammanlagda utbildningstid (2003) vid universitet/högskola är i medeltal 4,8 år.

Trivsel och uppskattning

Lärarna har tagit ställning till ett antal påståenden som gäller uppskattning och trivsel i arbetet. En skala med värdena 1, 2, 3, 4 och 5 har använts, där 1 betyder ”helt oenig” och 5 ”helt enig”. Vi har transformerat skalan till en med värdena -2, -1, 0, 1, 2 och räknat ut viktade medelvärden. Resultatet framgår av tabell 9.3. Samma påståenden och samma bedömningsskala har använts 1992.

Tabell 9.3 Grad av instämmande i olika påståenden angående uppskattning, trivsel och stöd. Medelvärden av lärarnas skattningar enligt en skala med fem steg från -2 (helt oenig) till 2 (helt enig).

	2003			1992
	biologi	fysik	kemi	NO
<i>Uppskattning</i>				
Jag tycker att arbetet jag utför är viktigt för samhället	1,5	1,5	1,4	1,6
Eleverna visar uppskattning av mitt arbete	1,0	1,0	0,9	0,9
Mina kollegor visar uppskattning av mitt arbete	0,9	0,9	0,9	0,7
Skolledningen visar uppskattning av mitt arbete	0,4	0,8	0,6	0,4
Jag känner att mitt arbete som NO-lärare har gott anseende i samhället	0,5	0,4	0,6	0,4
<i>Trivsel</i>				
Mina arbetsuppgifter är engagerande och stimulerande	1,3	1,1	1,0	0,9
Jag tycker mitt arbete erbjuder goda utvecklingsmöjligheter	-0,1	0,1	0,3	-0,1
Jag känner oro för förändringar i arbetssituationen (t.ex. nya arbetsuppgifter och nytt innehåll)	-0,6	-0,5	-0,7	-0,5
Mitt arbete stressar mig (t.ex. för svåra arbetsuppgifter)	-0,1	0,0	-0,1	-0,6
<i>Stöd och hjälp</i>				
Mina kollegor ger mig stöd och hjälp när jag har problem i arbetet	1,0	1,2	1,1	0,9
Skolledningen ger mig stöd och hjälp när jag har problem i arbetet	0,1	0,3	0,4	0,2

Det allmänna intryck som framträder då man studerar tabell 9.3 är att NO-läraren är en positiv person med gott självförtroende. Han/hon känner sig uppskattad av eleverna, tycker att arbetet är viktigt, engagerande och stimulerande och känner ingen större oro inför framtida förändringar i arbetssituationen. Det råder ett gott arbetsklimat i form av stöd och uppskattning från kollegor. Det sagda gäller för såväl 1992 som 2003. En förändring till det sämre kan dock noteras. Lärarna tar år 2003 i mindre grad avstånd från påståendet att arbetet är stressande.

Av tabell 9.3 framgår också att lärarna *inte* instämmer i påståendet ”Jag tycker att mitt arbete erbjuder goda utvecklingsmöjligheter”. Denna omständighet ser vi som en signal till fackliga organisationer, kommun och stat att dels ta reda på vilken närmare innebörd lärarna lägger i ”goda utvecklingsmöjligheter”, dels skapa dessa. Om så sker får man bl.a. bättre psykologiska förutsättningar för själva yrkesvalet. Det har stor positiv betydelse för en ung människa som skall bestämma bana att veta att det finns möjligheter att gå långt om man vill.

Mål och utvärdering

Som framhölls i kapitlet om elevenkäten kan utvärdering vara en kraftfull motor som driver undervisningen och lärandet mot allt bättre måluppfyllelse. Det är därför av stort intresse att ta del av lärarens syn på vad som är viktiga mål och viktigt innehåll, hur mål och betygskriterier kommuniceras till eleverna och hur utvärdering bedrivs.

Mål och betygskriterier i olika styrdokument

Lärarna har ombetts att uttala sig om vilken betydelse mål och betygskriterier i olika styrdokument har för deras undervisning i biologi, fysik eller kemi. Alternativen för bedömningen har varit ”mycket liten (betydelse)”, ”ganska liten”, ”ganska stor”, ”mycket stor”. Vi har gjort om denna skala till en med värdena -2 (mycket liten), -1, 1, 2 (mycket stor). Resultatet framgår av tabell 9.4.

Tabell 9.4 Vilken betydelse har olika mål och kriterier? Medelvärden av lärares skattningar enligt en skala med fyra steg från -2 (mycket liten betydelse) till 2 (mycket stor betydelse).

	biologi	fysik	kemi
Läroplanen mål	1,2	0,8	1,0
Kursplanens mål att sträva mot	1,0	0,9	1,1
Kursplanens mål att uppnå	1,3	1,0	1,2
Nationella betygskriterier	0,9	0,6	0,7
Lokala kursplaner	0,8	0,9	1,2
Lokala betygskriterier	0,9	0,8	1,2

Det är genomgående höga positiva värden i tabellen, vilket pekar på att mål och kriterier i olika styrdokument har tämligen stor betydelse. En tendens är att kursplanens mål att uppnå tillmätts den allra största betydelsen, men skillnaden i förhållande till mål att sträva mot är liten.

Olika mål – hur viktiga är de i undervisningen?

Lärarna har tagit ställning till hur viktiga ett antal undervisningsmål är, dels i praktiken ("reellt"), dels hur det borde vara ("idealt"). En skala med värdena 1, 2, 3, 4 och 5 har använts, där 1 betyder "lite viktigt" och 5 "mycket viktigt". Vi har transformerat skalan till en med värdena -2, -1, 0, 1, 2. Resultaten angående hur det är i praktiken framgår av tabell 9.5, i vilken också resultat från en, så när som på tre mål, identisk uppgift från 1992 redovisas.

Tabell 9.5 Hur viktiga är olika undervisningsmål? Medelvärden av lärarnas skattningar enligt en skala med fem steg från -2 (lite viktigt) till 2 (mycket viktigt).

	2003			1992
	biologi	fysik	kemi	NO
<i>Naturvetenskapens produkter och processer</i>				
Att ge en upplevelse av naturvetenskap som intellektuellt spännande	0,9	0,9	0,9	0,5
Att öka elevens vetgirighet när det gäller naturvetenskap	0,9	0,8	0,8	0,7
Att utveckla förståelse av naturvetenskapligt arbetssätt	0,8	0,8	0,8	0,5
Att utveckla förståelse av naturvetenskapliga begrepp, lagar och teorier	0,8	0,7	0,7	0,7
Att använda naturvetenskapliga begrepp och teorier för att förstå omvärlden	0,6	0,7	0,6	-
<i>Naturvetenskap för liv och samhälle</i>				
Att utveckla ansvar för egen hälsa	1,3	1,0	1,2	0,6
Att utveckla respekt för, och omsorg om, allt liv	1,1	1,1	1,0	0,9
Att förbereda för vardagslivet (t.ex. som konsument)	1,0	0,9	1,0	0,7
Att lära eleven att hushålla med resurser (energi och material)	0,9	0,7	1,0	0,7
Att utveckla förståelse för sambanden mellan natur, teknik och samhälle	0,8	0,7	0,8	0,6
Att medvetandegöra konsekvenser av olika etiska ställningstaganden i miljöfrågor	0,7	0,7	0,8	-
Att förbereda för "aktivt medborgarskap" (t.ex. delta i beslutsfattande eller opinionsbildning)	0,6	0,7	0,4	0,2

Tabell 9.5 forts.

	2003			1992
	biologi	fysik	kemi	NO
<i>Naturvetenskap för yrke och studier</i>				
Att skapa intresse för fortsatta studier inom det naturvetenskapliga området	0,9	0,9	0,8	–
Att förbereda för fortsatta naturvetenskapliga studier och yrken	0,8	0,8	0,9	0,6
Att särskilt uppmärksamma och utveckla flickornas intresse för NO	0,7	0,5	0,6	0,1
<i>Allmänna mål</i>				
Att utveckla elevens tankeförmåga	1,0	1,0	1,0	0,6
Att utveckla förmåga till samarbete	0,8	0,8	0,9	0,5

Av tabellen framgår att alla värden är positiva, och ofta ganska höga. Det betyder att lärarna anser att målen är viktiga i deras undervisning. Ett annat allmänt drag i tabellen är att lärarna år 2003 uttrycker större ambition för praktiskt taget samtliga mål jämfört med 1992. En spekulation om orsaken till detta är att skolan har övergått till ett målrelaterat betygssystem, i vilket ingår att upprätta lokala kursplaner och betygskriterier. Detta torde ha ökat medvetenheten om mål i olika styrdokument. Vidare noteras att läroplansrevisionen 1994 innebar en betydligt större klarhet i målformuleringar än vad som var fallet i läroplanen från 1980.

Det mål som rankas lägst 2003 är ”att förbereda för ”aktivt medborgarskap” (t.ex. delta i beslutsfattande eller opinionsbildning)”. Målet hade också låg prioritet 1992. I vår analys då framhöll vi att föreställningen om den naturvetenskapligt kunnige aktive medborgaren (det finns en touche av franska revolutionen i detta spännande begrepp!) var relativt ny i debatten för oss naturvetare, och dess konkreta innebörd när det gäller undervisning troligen oklar för de flesta. Det är fråga om att använda sina naturvetenskapliga kunskaper som en del i debatter, analyser och beslut. Undervisningsmetoder är t.ex. beslutssimuleringar genom rollspel, studium av alternativ, diskussion och ställningstaganden. Har skolan kommit längre idag? Det är svårt att veta. Många andra viktiga mål ges hög prioritet av lärarna och vi måste ställa frågan vad som är rimligt av samhället att begära på den begränsade undervisningstid som står till förfogande.

Ett annat mål som har låg prioritet är ”att använda naturvetenskapliga begrepp och teorier för att förstå omvärlden”. Detta speglar möjligen en viss brist på förståelse av begreppens och teoriernas betydelse – det är genom förståelse av dessa som övriga mål får ett naturvetenskapligt innehåll.

Lärarna bedömde också hur viktiga målen i tabell 9.5 borde vara idealt sett. Naturligt nog är värdena för denna bedömning högre, vanligen 0,5–0,6 enheter. Inga skillnader mellan idealt och reellt är påtagligt större än andra.

Vad är till hjälp för att förverkliga målen?

Lärarna har ombetts bedöma vad som kan vara till hjälp för att förverkliga viktiga mål enligt en skala med värdena 1, 2, 3, 4 och 5, där 1 betyder ”mycket liten hjälp” och 5 ”mycket stor hjälp”. Skalan är transformerad som ovan. Resultatet framgår av tabell 9.6.

Tabell 9.6 Vad är till hjälp för att förverkliga viktiga mål? Medelvärden av lärarnas skattningar enligt en skala med fem steg från -2 (mycket liten hjälp) till 2 (stor hjälp).

	2003			1992
	biologi	fysik	kemi	NO
Minskad klasstorlek	1,6	1,6	1,8	1,3
Mera tid till no	1,3	1,2	1,1	1,1
Kompetensutveckling	1,3	1,0	1,1	1,3
Ökade materielanslag	1,2	1,1	1,4	1,1
Ökade resurser för lokalt utvecklingsarbete	1,0	0,9	0,9	0,6
Stöd och praktisk hjälp från kollegor	0,9	0,6	0,8	0,8
Av högskola/universitet utvecklade, utprovade och utvärderade undervisningssekvenser	0,6	0,5	0,6	0,3

Liksom 1992 är det främsta önskemålet minskad klasstorlek. Det har ökat i styrka under de 11 år som gått mellan de två mätningarna. Detta kan kanske kopplas till tabell 9.3, enligt vilken lärarna år 2003 tar mindre avstånd från påståendet att arbetet är stressande än de gjorde 1992.

Aktuella problem med naturvetenskaplig anknytning

I tidningar, radio och TV tas det upp olika problem med naturvetenskaplig anknytning, som både kan intressera och oroa eleverna. I vilken utsträckning behandlas dessa i undervisningen? Lärarna har ombetts bedöma hur pass utförligt ett antal problem behandlas, dels ”reellt”, dels ”idealt”. En skala med värdena 1, 2, 3, 4 och 5 har använts, där 1 betyder ”ingen behandling” och 5 ”utförlig behandling”. Skalan har transformerats som ovan. Resultat angående hur det enligt lärarna är i praktiken (”reellt”) framgår av tabell 9.7 på nästa sida.

Tabell 9.7 Hur utförligt behandlas aktuella problem i undervisningen? Medelvärden av lärarnas skattningar enligt en skala med fem steg från -2 (ingen behandling) till 2 (utförlig behandling).

	2003			1992
	biologi	fysik	kemi	NO
Försurning	1,0	0,7	1,0	0,8
Klimatförändring p.g.a. ändrad strålningsbalans ("växthuseffekten")	1,1	0,8	0,8	0,6
Användning av genteknik	1,1	0,6	0,6	–
Ozonskiktets uttunning	0,9	0,7	0,7	0,6
Hur man hushållar med energi i vardagslivet	0,5	0,6	0,4	0,2
Världens energisituation	0,5	0,5	0,4	0,1
Ohälsa till följd av miljöproblem (allergier, stress, cancer, psykiska problem m.m.)	0,6	0,3	0,5	0,2
Den växande avfallsmängden	0,4	0,2	0,5	0,3
Mat åt världens växande befolkning	0,3	0,1	0,0	-0,3
Elektromagnetisk strålning (mobiltelefoni m.m.)	0,0	0,3	-0,1	–

Försurning är fortfarande det aktuella problem som behandlas mest utförligt i undervisningen. Högt i tabellen ligger också, liksom 1992, problematiken angående växthuseffekten och ozonskiktets uttunning. Användning av genteknik behandlas också relativt utförligt, särskilt i biologi.

Som nämnts bedömdes också hur utförligt de aktuella problemen i tabell 9.7 borde behandlas idealt sett. Värdena för denna bedömning är genomgående högre, vanligen cirka en enhet utom för de fyra i tabellens topp, för vilka höjningen är cirka en halv enhet.

En annan iakttagelse är att värdena för 2003 så gott som genomgående är högre än de från 1992. För år 1992 gällde också att problemen i listan behandlades betydligt mera utförligt i biologi än i fysik. Nu tenderar problemen att vara en angelägenhet för alla NO-ämnena. Detta tycker vi är en positiv utveckling.

Hinder för att ta upp aktuella problem

De problem som ingår i tabell 9.7 ovan är givetvis viktiga och det är lätt att tycka att de borde behandlas utförligt i undervisningen. Men det finns olika anledningar till att detta inte sker. Lärarna har ombetts bedöma ett antal svårigheter. Den helt avgörande faktorn är att tiden inte räcker till. Så var fallet även 1992.

Utvärdering

Det ingår relativt få enkätfrågor om hur läraren utvärderar och, beklagligt nog, inga frågor alls om hur i så fall resultat används för att försöka förbättra undervisning och lärande. Beträffande utvärdering har lärarna ombetts att ta ställning till några påstående genom att ange om de ”stämmer mycket bra”, ”stämmer ganska bra”, ”stämmer ganska dåligt” och ”stämmer mycket dåligt”. Skalan är transformerad till en med värdena 2, 1, -1, -2, varefter viktade medelvärden räknats ut. Resultatet visas i tabell 9.8.

Tabell 9.8 Grad av instämmande (viktade medelvärden) i olika påstående om utvärdering. Viktade medelvärden, maxvärde 2 (stämmer mycket bra), minvärde -2 (stämmer mycket dåligt).

	biologi	2003 fysik	kemi
Jag tar reda på vad varje elev kan och inte kan i ämnet när vi börjar med något nytt	-0,3	0,1	0,1
Jag utvärderar regelbundet undervisningen tillsammans med mina elever	0,5	0,2	0,4
I min ämnesgrupp utvärderar vi regelbundet vår verksamhet	-0,2	-0,3	0,1

Av dessa frågor och de avgivna svaren går det inte att utläsa hur dessa utvärderingar går till och vad de innehåller.

I en annan del av enkäten skall läraren ange hur ofta olika aktiviteter förekommer när han/hon undervisar. En av dessa är: ”Jag diagnostiserar elevernas förkunskaper innan ett nytt avsnitt börjar. Bedömningsskalan är femgradig, och av oss transformerad till att gå från -2 (aldrig) till +2 (ofta). De viktade medelvärdena är: biologi -0,5; fysik -0,4; kemi -0,5. De negativa värdena tyder på att denna typ av formativ utvärdering, som sker med hjälp av i förväg genomtänkta uppgifter, inte förekommer så ofta.

En annan aktivitet som angavs var: ”Jag håller reda på vad eleverna förstår eller ej, och rättar undervisningen efter detta”. Här var värdena betydligt högre: biologi 0,8; fysik 0,7; kemi 0,8. Denna typ av formativ utvärdering torde varje lärare ägna sig åt. Han/hon märker vad som ”går hem” eller ej, och försöker successivt anpassa undervisningen efter detta.

Också i den allmänna enkät som getts till alla berörda lärare i skolår 9 ingick två påstående om utvärdering. Hur lärare i biologi, fysik och kemi tog ställning till dessa framgår av tabell 9.9.

Tabell 9.9 Två påståenden om utvärdering. Ämnesvis fördelning (%) på olika alternativ för instämmanden.

Påstående	Rektor följer upp och utvärderar skolans resultat i förhållande till läroplanens övergripande mål			Rektor följer upp och utvärderar skolans resultat i förhållande till ämnenas kursplanemål		
	biologi	fysik	kemi	biologi	fysik	kemi
Stämmer mycket dåligt	13	13	13	18	16	17
Stämmer ganska dåligt	35	33	33	45	43	45
Stämmer ganska bra	40	41	41	28	30	30
Stämmer mycket bra	12	13	12	9	11	9

Av tabellen framgår att 52–53 procent av lärarna anser att rektor ganska bra eller bra följer upp skolans resultat i förhållande till läroplanens övergripande mål, men bara 37–41 procent när det gäller resultat i förhållande till ämnenas kursplanemål. Här finns en tendens till motsägelse. Till läroplanens övergripande mål hör goda kunskaper inom olika ämnessektorer. Om man markerar större vikt vid de övergripande målen för skolan på bekostnad av ämnesmålen, så riskerar man att bidra till att skolan utarmas på innehåll. Ingen vill väl ha elever som t.ex. i demokratisk ordning engagerat tar ställning i olika frågor utan att ha några speciella kunskaper om frågornas innehåll?

Det samlade intryck vi får av detta avsnitt om utvärdering är att den kan utvecklas bättre och bli en mer integrerad del av NO-lärarnas arbete. Det faktum att inte en enda fråga i den allmänna lärarenkäten och i de ämnesvisa lärarenkäterna handlar om hur resultat av utvärderingar används tycker vi är ett tecken på att skolsystemets utvärderingskultur behöver utvecklas. Den svenska skolan har många och bra mål, både allmänna och ämnesspecifika. Lärarna strävar mot att dessa mål skall uppfyllas. Men om det inte finns tydliga återkopplingar i form av utvärderingsresultat så finns det heller inget underlag för kursändringar. Vi hänvisar än en gång till de Internetadresser som vi angav i förra kapitlet angående hur man konkret kan bedriva formativ utvärdering i NO-ämnena.

Vad händer på lektionerna?

Arbetssätt

Läraren har fått frågor om hur ofta han/hon använder olika arbetssätt. Alternativen har varit ”varje/de flesta lektioner”, ”ibland”, ”sällan” och ”aldrig/mycket sällan”. Vi har gjort om denna skala till en med värdena 2 (varje/de flesta lektioner), 1, –1, –2 (aldrig/mycket sällan) och räknat ut viktade medelvärden för de olika lärargrupperna. Resultaten framgår av tabell 9.10.

Tabell 9.10 Hur ofta äger olika aktiviteter rum? Viktade medelvärden, maxvärde 2 (varje/de flesta lektioner), minvärde -2 (aldrig/mycket sällan). e är motsvarande medelvärden för elevernas skattningar.

	biologi	fysik	kemi
Eleverna sitter och lyssnar, läraren pratar	1,0 e=1,5	1,1 e=1,4	1,1 e=1,3
Eleverna arbetar var för sig	0,9 e=1,1	0,6 e=1,0	0,5 e=0,8
Läraren pratar och ställer frågor, enskilda elever svarar	1,2 e=1,0	0,9 e=0,9	1,2 e=0,8
Läraren och eleverna diskuterar tillsammans	1,2 e=0,8	1,3 e=0,6	1,4 e=0,6
Eleverna arbetar i grupper	1,1 e=0,4	1,2 e=0,5	1,3 e=0,5
Eleverna genomför större arbeten eller projekt	0,7 e=0,1	0,4 e=0,1	0,1 e=-0,2
Eleverna använder dator	-0,4	-0,6	-0,9

Tabellen visar genomgående höga värden för lärarnas skattningar utom när det gäller större projekt och datoranvändning. Vad skillnaderna mellan elevers och lärares skattningar betyder är svårt att säga. Eleverna tycker, jämfört med lärarna, att de arbetar mindre i grupp och att de diskuterar mindre med läraren. De tycker också att läraren pratar mer jämfört med hur lärarna bedömer sig själva.

Stämning

Lärarna har fått ta ställning till hur ofta vissa saker sker som har med stämningen på lektionerna att göra. Alternativen har varit ”varje lektion”, ”ibland”, ”sällan” och ”aldrig”. Vi har gjort om denna skala till en med värdena 2 (varje), 1, -1, -2 (aldrig) och räknat ut viktade medelvärden. Resultaten framgår av tabell 9.11.

Tabell 9.11 Grad av instämmande (viktade medelvärden) i olika påståenden om stämningen på lektionerna. Maxvärde 2 (varje lektion), minvärde -2 (aldrig). e är motsvarande medelvärden för elevernas skattningar.

	biologi	fysik	kemi
Det är en trevlig, positiv stämning	1,7 e=1,1	1,6 e=0,9	1,5 e=0,9
Det är störande oljud och dålig ordning	-0,3 e=0,4	0,1 e=0,5	0,0 e=0,5

Vi kan konstatera att lärarna ger en mer positiv bild av sina lektioner än eleverna.

Hur ofta förekommer olika aktiviteter på lektionerna?

Lärarna har ombetts ta ställning till hur ofta olika aktiviteter förekommer i undervisningen, dels ”reellt” (hur det är), dels ”idealt” (hur det borde vara). En femgradig skala (1, 2, 3, 4, 5) har använts. Vi har gjort om den till en som går från -2 (förekommer aldrig) till +2 (förekommer ofta) och beräknat viktade medelvärden. En del av de aktiviteter som tagits upp 2003 ingick också 1992 och bedömdes då i samma skala. Vi har också räknat fram ett ”förändringsindex” genom att för varje aktivitet summera de ”ideala” medelvärdena och minska denna summa med summan av de ”reala” medelvärdena.

Tabell 9.12 Hur ofta förekommer olika aktiviteter? Medelvärden av lärarnas skattningar enligt en skala med fem steg från -2 (förekommer aldrig) till 2 (förekommer ofta).

	2003			1992	förändrings- index (2003)
	biologi	fysik	kemi	NO	
<i>Mål- och betygskriterier</i>					
Eleverna får tydligt reda på målen för ett givet avsnitt vi skall lära oss	1,1	0,9	1,1	-	1,7
Eleverna får tydligt reda vad de skall klara för att få olika betyg.	0,9	0,8	1,2	-	1,5
<i>Elevinflytande</i>					
Jag efterfrågar elevernas åsikter om olika sätt att lägga upp skolarbetet	0,4	0,4	0,5	-	2,3
Jag planerar olika avsnitt tillsammans med eleverna	-0,3	-0,3	-0,3	-	3,1
<i>Formativ utvärdering</i>					
Jag håller reda på vad eleverna förstår eller ej, och rättar undervisningen efter detta	0,8	0,7	0,8	-	2,1
Jag diagnosticerar elevernas förkunskaper innan ett nytt avsnitt börjar	-0,5	-0,4	-0,5	-	3,6
<i>Undervisningsmetoder</i>					
Eleverna antecknar det jag skriver på tavlan	0,8	1,0	1,2	-	-0,1
Jag berättar, demonstrerar och förklarar för eleverna	0,9	0,7	0,9	-	-0,2
Eleverna experimenterar själva	0,6	1,0	0,9	1,1	2,8
Prov och läxförhör	0,3	0,2	0,4	0,2	0,0
Eleverna diskuterar i smågrupper	0,3	0,3	0,2	-	2,1
Då eleverna arbetar följer de skriftliga anvisningar steg för steg om hur de skall göra	-0,3	0,3	0,4	0,4	-0,5
Eleverna får experimentella problem som de själva utarbetar en lösning till	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	3,8

Tabell 9.12 forts.

	2003			1992	förändrings- index (2003)
	biologi	fysik	kemi	NO	
Eleverna söker själva information med hjälp av dator	-0,4	-0,4	-0,5	-	2,3
<i>Att stimulera motivation och tänkande</i>					
Jag ställer frågor till eleverna som kräver förståelse	1,0	1,1	1,1	0,9	1,3
Jag försöker hjälpa eleverna att se och förstå samband mellan innehållet i undervisningen och situationer i omvärlden	1,1	0,8	0,9	-	1,8
Jag förklarar för eleverna varför det är viktigt att kunna och förstå det som undervisningen handlar om	1,0	0,6	0,9	-	1,7
Jag ställer frågor om fakta till eleverna	0,6	0,6	0,8	0,7	0,0

Det mest intressanta med denna tabell anser vi är de indikatorer på förändring som finns. Lärarna tycker att ”traditionella” inslag som att berätta och förklara, skriva på tavlan, ha prov och läxförhör, följa detaljerade skriftliga anvisningar och ställa frågor om fakta förekommer i tillräcklig omfattning. Däremot vill de ha mer av aktiviteter som gäller att kommunicera mål och betygskriterier till eleverna, bedriva formativ utvärdering och ge eleverna mer inflytande över undervisningen. Även inslag som gäller att stimulera motivation och tänkande vill lärarna ha mera av i sin undervisning.

Dessa förändringsriktningar bör givetvis stöttas med centrala forsknings- och utvecklingsinsatser. En möjlig insats är att skapa och pröva experiment som eleverna själva utarbetar en lösning till, och ställa samman dessa i en rikhaltig exempelsamling, inklusive fallbeskrivningar. En annan är att utveckla lämpliga instrument som kan användas för diagnos och formativ utvärdering inom centrala områden av grundskolans naturvetenskapliga undervisning.

Kompetensutveckling

Tabell 9.13 Vilken typ av kompetensutveckling behövs? Medelvärden av lärarnas skattningar enligt en skala med fem steg från -2 (lite viktigt) till 2 (mycket viktigt).

	2003			1992
	biologi	fysik	kemi	NO
Fördjupning i de egna ämnena	0,8	0,9	0,5	1,2
Anknytning av undervisningen till elevens vardag	0,8	0,7	0,8	0,8
Samhällsfrågor med anknytning till naturvetenskap och teknik (t.ex. energi- och miljöproblem)	0,7	0,8	0,6	1,0
Presentation av utprövat undervisningsmateriel i NO	0,5	0,4	0,6	0,5
Samordning och integration av NO-ämnena	0,3	0,2	0,3	-0,1
Hur elever tänker om naturvetenskapliga fenomen (tillägg 03: och hur man kan diagnostisera detta)	0,3	0,6	0,7	0,7
Hur man kan uppnå grundskolans allmänna mål genom undervisning i NO	0,3	0,4	0,5	0,4
Hur man kan utforma och tillämpa lokala betygskriterier i NO	0,0	-0,1	-0,2	ej
Hur man kan utföra lokal utvärdering i NO	-0,1	-0,2	0,0	-0,1
Hur man kan göra lokala arbetsplaner i NO	-0,2	-0,2	-0,3	-0,1
Kompletterande utbildning så att jag kan undervisa i alla NO-ämnena	-0,8	-0,4	-0,8	-0,1

Behovet av fördjupning i de egna ämnena framstår som lägre 2003, jämfört med 1992. Detta kan tyckas märkligt med tanke på att lärarnas ämneskunskaper, mätt med antal högskolepoäng, är lägre – se tabell 9.2.

10. Översiktlig resultatbild

Elevernas kunskaper i biologi, fysik och kemi

Låt oss som en avslutning på resultatredovisningen teckna de stora dragen i våra data. Vi börjar med elevernas kunskaper.

- I medeltal är det cirka en fjärdedel av eleverna som år 2003 klarar respektive uppgift i *biologi* enligt uppställda kriterier. En nedgång med omkring tre procentenheter noteras sedan 1992.
- I medeltal är det cirka en tredjedel av eleverna som år 2003 klarar respektive uppgift i *fysik* enligt uppställda kriterier. En nedgång med omkring sju procentenheter noteras sedan 1992.
- I medeltal är det cirka en tredjedel av eleverna som år 2003 klarar respektive uppgift i *kemi* enligt uppställda kriterier. En nedgång med omkring tio procentenheter noteras sedan 1992.

Det något sämre resultatet i biologi kan förklaras med att uppgifterna är mer krävande än de i fysik och kemi. I kemi finns t.ex., till skillnad från biologi, fler enkla faktafrågor. Detta illustrerar en självklar men likväl viktig omständighet, nämligen att den nationella resultatbilden beror av de frågor som ställs.

Vi betraktar resultatet som mindre gott. Mot detta kan invändas att en tredjedel betyder att cirka 35 000 elever i skolår 9 uppfyller undersökta mål. Det kan man se som en betydande effekt av undervisningen, utan vilken nästan ingen elev skulle kunna svara på våra frågor. Men i förhållande till kravet att alla skall klara kursplanens mål att uppnå är resultatet inte så bra.

En annan omständighet av betydelse för att värdera resultatet är hur pass motiverade eleverna egentligen är då de försöker svara på våra frågor. Det finns visserligen samordnare på varje deltagande skola som förklarar betydelsen av nationell utvärdering, men eleverna genomför ett flertal ämnesprov och enkäter på kort tid, och de vet att resultaten inte påverkar deras betyg. Under dessa omständigheter torde det vara lätt att hoppa över en fråga som tar emot lite och som kräver ett skriftligt svar, eller att gissa alternativ i stället för att tänka efter ordentligt. Kanske skulle resultatbilden bli bättre om alla elever ansträngde sig maximalt.

Elevernas upplevelser av undervisningen

Vi lyfter här fram några aspekter av elevenkäterna, som vi tycker är viktiga och som gett tydliga resultat. Det som sägs i detta avsnitt avser 2003. Ibland görs jämförelse med 1992.

Upplevelse av lärarna

- Eleverna har en positiv upplevelse av sina lärare. Allra störst uppskattning rönar läraren i biologi.

Bedömningen har bl.a. gällt undervisning, visad tilltro till elevens förmåga, lika behandling av pojkar och flickor, stöd och hjälp och stämningen på lektionerna. Skillnaderna mellan pojkars och flickors bedömningar är små.

Betingelser för lärande

- Att växelspela med läraren är enligt eleverna påtagligt bättre för lärandet än att söka information i böcker, tidskrifter och med hjälp av dator.

Till växelspelet hör att lyssna när läraren berättar och förklarar och att diskutera med honom/henne enskilt eller i klassen.

Hur viktiga, intressanta och svåra är NO-ämnena?

- Flickorna tycker att biologi är viktigare, mer intressant och något lättare än pojkarna, för fysik och kemi är det tvärt om. Så var det även 1992.
- Flickorna tycker att biologi är påtagligt viktigare än fysik, som i sin tur anses något viktigare än kemin. Pojkarna tycker att biologi och fysik är lika viktiga och något viktigare än kemin.
- Flickorna är klart mer intresserade av biologi än av fysik och kemi. För pojkarna framstår alla NO-ämnen som lika intressanta. Så var det även 1992.
- Biologi upplevs som lättare än fysik och kemi av både pojkar och flickor. Så var det även 1992.

Lust att lära om världen

- Undervisningen är måttligt framgångsrik när det gäller att stimulera lust att vilja veta mer om sin omvärld.

De tre ämnena påverkar pojkarna ungefär lika mycket i detta avseende och något positivt. Biologin påverkar flickorna positivt, men inte fysiken och kemin.

Lärarna och skolans naturvetenskap

Trivsel och uppskattning i arbetet

- Lärarna uttrycker trivsel och uppskattning i arbetet såväl 2003 som 1992.
- Lärarna tar år 2003 i mindre grad än 1992 avstånd från påståendet att arbetet är stressande.
- Lärarna håller inte med om att deras arbete erbjuder goda utvecklingsmöjligheter. Detta gäller både 1992 och 2003.

Läraren känner sig uppskattad av eleverna, tycker att arbetet är viktigt, engagerande och stimulerande och känner stöd och uppskattning av kollegor.

Mål för undervisningen

- Lärarna uttrycker påfallande höga ambitioner när det gäller olika mål för undervisningen. Ett genomgående drag är att dessa ambitioner är högre 2003 än 1992.

Den högre ambitionen kan förklaras med att skolan har övergått till ett målrelaterat betygssystem, i vilket ingår att upprätta lokala kursplaner och betygskriterier. Detta torde ha ökat medvetenheten om målen i olika styrdokument.

Förändringsvilja

- Lärarna uttrycker önskan om att eleverna skall delta mer i planeringen av undervisningen och att formativ utvärdering kommer till ökad användning.

Utbildning

- Lärarna har lägre formell ämneskvalifikation 2003 än 1992 men akademiska poäng i fler ämnen.

Sänkningen är i medeltal 25 poäng för biologi, 11 för fysik och 6 för kemi. Å andra sidan har andelen lärare som uppgett poäng i ett visst ämne ökat. För biologi är ökningen 25, för fysik 16 och för kemi 9 procentenheter.

**Diskussion om
NO-undervisningens
framtid**

11. Utgångsläge

Vi har tidigare framhållit att den naturvetenskapliga kulturen är en nödvändighet för vårt samhälle, t.ex. för att underhålla infrastruktur, kartlägga miljöproblem, bota sjukdomar, utveckla lämpliga system för energianvändning och för att förstå det klot och det kosmos där vi har vårt hem. Skolan har som uppgift att förvalta, och bidra till utvecklingen av, denna naturvetenskapliga kultur, med allt vad det innebär i ett demokratiskt samhälle. Därför är det naturligtvis inte bra att bara mellan en fjärdedel och en tredjedel av eleverna uppnår målen och att en viss försämring skett. Vi anser att resultaten på kunskapsproven är en stark anledning att skyndsamt påbörja ett systematiskt och uthålligt arbete för att förbättra grundskolans undervisning i naturvetenskap. Hur detta kan ske bör bli föremål för en ingående diskussion med utgångspunkt i att vi har att göra med ett systemproblem som berör statsmakten, lärarutbildningen, den utbildningsvetenskapliga forskningen, kommuner och skolorna med sina ledare, lärare och elever.

Vi påbörjar här en sådan diskussion. Först beskrivs, i detta kapitel, några omständigheter och tendenser i vår omvärld som vi anser har betydelse för den fortsatta utvecklingen av skolans naturvetenskapliga undervisning. I nästa formulering vi en vision för hur skolans och lärarutbildningens naturvetenskap skulle kunna vara om cirka tio år. I ett avslutande kapitel diskuteras så några åtgärder som kan bidra till att visionen blir verklighet.

Den mediala informationsmiljön

Under mycket lång tid har observationer och upplevelser av närmiljön, samt deltagande i en muntlig kultur, utgjort människans möjligheter att bygga upp kunnande om sin omvärld. I dagens samhälle ägnas också en stor del av vår tid åt medier. Bild- och ljudmedier vidgar högst avsevärt våra möjligheter att lära oss något om världen. De flesta har tillgång till en uppsjö av radio- och TV-kanaler liksom video. Distributionen sker på olika sätt, bl.a. via Internet. Text är ett annat betydelsefullt medium. Dagstidningar, tidskrifter, böcker, utredningar och statistik är några exempel. Det är inte bara fråga om text på papper utan också elektroniskt. En mängd databaser och många dagstidningar är t.ex. tillgängliga genom Internet.

Vad sker i denna myllrande informationsmiljö? I slutet av 80-talet utkom två böcker som på olika sätt besvarade denna fråga, nämligen "Myten om informationssamhället"¹⁷ och "Snuttifiering – helhetssyn – förståelse".¹⁸ Böck-

¹⁷ Tengström, E. (1987). *Myten om informationssamhället*. Stockholm: Rabén & Sjögren.

¹⁸ Ingelstam, L. (1988). *Snuttifiering – helhetssyn – förståelse*. Lund: Studentlitteratur.

ernas författare framhöll bl.a. följande trender, som torde gälla också i dag och förmodligen i än högre grad än för femton år sedan:

Mängden lagrad information tillväxer i rask takt. Det är naturligtvis problematiskt att uppskatta tillväxttakten. I slutet av 80-talet ansågs fördubblings-tiden vara fem år, för ”kvalificerad” information sju år.

Flödet av information ökar. Reklam väller in i brevlådan, inte minst den elektroniska. Antalet TV- och radiokanaler blir allt större. Trafiken på Internet tättnar. Osv. Det är förmodligen positivt för demokratin att information flödar, men det medför också en del problem. Konkurrenten om uppmärksamhet frestar till förenklade och slagordsmässiga budskap. Intressegrupper försöker definiera vilka problem som skall stå på dagordningen i media – på ett sådant sätt att det sammanfaller med de egna intressena. En annan teknik är att tolka tillgängliga fakta så att de stämmer med de egna målen.

Specialiseringen av kunskap ökar. Den ökande specialiseringen av vetenskaplig kunskap är ett faktum. En given specialitet definieras bl.a. av specifika begrepp och undersökningsmetoder, vilket gör den svårtillgänglig för den allmänt intresserade. En parallell till detta är samhällets sektorisering. Det finns en mycket stor mängd företag, myndigheter och organisationer som skapar kunskap i syfte att förbättra sin verksamhet och stärka sin ställning. Det är därför svårt för vem som helst att få en helhetsbild av samhället. Med andra ord kan man säga att specialiseringens och sektoriseringens pris är fragmentering av kunnande.

Snuttifiering. Ökande informationsflöde och specialisering har som en av sina effekter snuttifiering:

Snuttifiering uppkommer när ”kunskap” eller information uppträder i ett antal tämligen oberoende småpaket, moduler, fragment, snuttar.¹⁹

Till andra drag i informationsmiljön hör att stater, företag och organisationer har olika motiv för att kontrollera information. Ett är att man vill tjäna pengar, vilket gör att tillgång på information kopplas till inkomst och förmögenhet. Vi noterar också att mycket av informationsflödet är enkelriktat. Ingelstam uttrycker oro för att detta kan leda till att den direkta kontakten mellan människor är på väg att försvagas och medföra att ”personlig moral och ansvar samtidigt hotar att frätas sönder”.²⁰

¹⁹ Ingelstam, L. (1988). *Snuttifiering – helhetssyn – förståelse* (sid. 47). Lund: Studentlitteratur.

²⁰ Ibid. sid. 51–52.

Skolans perspektiv

Det är ett uppenbart problem för individen att vara orienterad i dagens värld. Det gäller att kunna sovra, strukturera och bedöma informationsflödet, liksom att vid behov effektivt kunna söka information och omvandla den till kunskande. Skolans möjligheter att hjälpa eleven med detta beror av hur man ser på lärande och kunnande. En vanlig och delvis omedveten syn kan betecknas ”utifrån-och-in-modellen”. Modellen är en vardagsföreställning som kan tänkas uppkomma på följande sätt:

I det dagliga livet läser vi tidningar, tittar på TV, pratar med folk och iakttar föremål och händelser. Vi upplever att detta *ger* oss mycket, att vi *får* kunskaper. Det ligger därför nära till hands att tänka sig, att källan till kunskaper är text, bild, människor och omvärld. Därifrån överförs kunskaperna till oss, bara vi öppnar våra sinnen för att ta emot dem. Det finns en del ord och uttryck som kommunicerar detta sätt att se på kunskapsöverföring. Vi säger t.ex. om en presentation eller en bok att den ”gav många nya idéer” eller att ”ett budskap gick hem”. Idéerna och budskapet framstår här nästan som objekt, vilka överförs från sändare till mottagare.

I skolans värld har ofta framhållits att lärarrollen bör genomgå en förändring från att vara ”föreläsare” till att bli ”handledare”. Elevernas roll skall på samma gång övergå från att vara ”passiva mottagare” till att vara ”aktiva sökare” av information. Om man förstår dessa rekommendationer genom utifrån-och-in-modellen blir handledarrollen enkel. Med rätt sökteknik hittar eleven den information han/hon önskar och den överförs från källa till mottagare på ett opblematiskt sätt.

Tänker man på detta sätt, så missar man åtminstone två väsentliga omständigheter:

- Den mest avgörande faktorn när det gäller att aktivt söka och finna information är det som sökaren redan kan och förstår inom det aktuella området.
- Att söka och finna information är bara början på en mödosam process, som innebär att läsa, tolka, kritiskt granska, diskutera och på andra sätt bearbeta informationen till personlig kunskap.

Båda dessa punkter är en del av den s.k. socialkonstruktivistiska modellen av kunskapsrelationen mellan individ och omvärld. I korthet innebär den att kunnande ses som individuellt uppbyggt men att detta i stor utsträckning sker i ett socialt samspel. Modellens individuella aspekt baseras på Piagets arbeten, dess sociala på Vygotskys. Till modellen hör insikten att särskilt det språkliga spelet med den sociala omgivningen, såsom familj, kamratkrets, skola, och kultur, har stor betydelse för individens kunskapsutveckling

En viktig fråga är hur den sociala omgivningen, i vårt fall skolan, kan hjälpa eleverna att bygga upp helhetsbilder som ger struktur åt informationsflödet, lust att veta mera och mod att engagera sig i stora och små samhällsproblem. Det handlar med andra ord om att vitalisera demokratin.

Tillståndet i världen och hållbar utveckling

Konsensus om att "hållbar utveckling" skall ingå i undervisningen
Frågor om tillståndet i världen och hållbar utveckling engagerar många. Problematiken är både vid och djup. I grund och botten handlar det om människans framtida väg och öde. Utredningar görs och beslut om åtgärder fattas både inom offentlig och privat sektor. I de flesta sammanhang framhålls betydelsen av att arbeta långsiktigt och tålmodigt i skolan med att medvetandegöra, utveckla kunskaper samt främja attityder och beteendemönster som gynnar hållbar utveckling.

Ett aktuellt exempel på ett initiativ som gäller utbildning är FN:s resolution 57/254, antagen av generalförsamlingen i december 2002, som proklamerar FN:s "Dekad för utbildning för hållbar utveckling" med start 2005. UNESCO tilldelas rollen att leda arbetet. Denna organisation framhåller bl.a. följande:²¹

Public awareness and understanding are, at once, consequences of education and influences on the educational process. A public well informed of the need for sustainable development will insist that public educational institutions include in their curricula the scientific and other subject matters needed to enable people to participate effectively in the numerous activities directed towards achieving sustainable development. The students that emerge from such courses will, for their part, be alert to the need for public authorities to make adequate provision for the protection of the environment in all development plans. Education is particularly important in developing a "taste for knowledge".

Vidare framhålls:

Success in the struggle for sustainable development requires an approach to education that strengthens our engagement in support of (...) values – especially justice and fairness – and the awareness that we share a common destiny with others.

²¹ Se <http://www.unesco.org/education/esd/english/education/new.shtml> (Access 29/9 2004)

Innehållet i en utbildning om tillståndet i världen och hållbar utveckling innefattar många kunskapsområden, som inte är organiserade enligt gängse akademisk ämnesuppdelning. Bland annat behöver innebörden och konsekvenserna av följande trender tas upp:

- befolkningen växer stadigt
- konsumtionen ökar stadigt, särskilt i i-länder
- inkomsten per person och år ökar stadigt
- världsekonomin växer stadigt
- alltmer materia och energi omvandlas
- befolkningsökningen och den ökande omsättningen av materia och energi leder till att naturen påverkas alltmer
- klyftan mellan u- och i-länder är fortfarande mycket stor
- kunnandet och möjligheterna att kommunicera ökar
- det blir mer och mer att bemästra
- potentialen av möjligheter ökar

Skolans förutsättningar

På basis av Skolverkets rapport "Miljöundervisning och utbildning för hållbar utveckling i svensk skola"²² samt den nationella utvärderingen 1998, "Tema tillståndet i världen"²³ konstaterar vi följande:

Den nationella utvärderingen visar att elever i skolår 9 och år 3 på gymnasiet har en hel del brister i sitt kunnande angående bl.a. energifrågor, växthus-effekten och dess förskjutning, ozonskiktets uttunning, rika och fattiga, globala handelsmönster och orsakssammanhang relaterade till konsumentens val. Eleverna uttrycker dock att det innehåll som utvärderingsfrågorna gäller är viktigt att förstå, men att det inte har behandlats särskilt mycket under lektionerna. Av detta drar vi slutsatsen att undervisning om tillståndet i världen och hållbar utveckling kan göra skoltiden mer intressant och relevant för många elever.

I Skolverkets kartläggning angående undervisning om miljö och hållbar utveckling fann man att minst två tredjedelar av förskollärarna/klasslärarna bedriver miljöundervisning. I dessa tidiga åldrar fanns också det största engagemanget både hos lärare och elever. För högre stadier är miljöundervisning van-

²² Skolverket. (2001). *Miljöundervisning och utbildning för hållbar utveckling i svensk skola*. Stockholm: Skolverket.

²³ Andersson, Björn; Kärrqvist, Christina; Löfstedt, Arne; Oscarsson, Vilgot & Wallin, Anita. (1999). *Nationell utvärdering 98. Tema tillståndet i världen*. (NA-SPEKTRUM NR 21). Mölndal: Göteborgs Universitet, Inst. för pedagogik och didaktik.

ligast bland lärare i samhällsämnen, naturvetenskapliga ämnen och yrkesämnen. En samordning av undervisningen mellan naturvetenskapliga och samhällsvetenskapliga ämnen saknas dock i stort sett helt, men många är medvetna om de möjligheter som detta rymmer. De flesta lärare och skolledare tycker att miljöfrågor är viktiga och det finns ett intresse av att vidareutveckla miljöundervisningen. Man menar att det krävs nya perspektiv och angreppssätt. Många talar också om vikten av att finna en röd tråd och en progression i undervisningen och av att utveckla arbetsformerna, särskilt vad gäller samarbetet mellan ämnena. Likaså vittnar flera lärare om att det finns ett engagemang bland eleverna när det gäller moraliska frågor samt när miljöfrågor behandlas utifrån ett konfliktperspektiv.

Läraryrket

Vikande rekrytering av lärare till grundskolans senare del

I en undersökning, gjord hösten 2003 av Högskoleverket, har ett stort urval studenter som påbörjade den nya läraryrket hösten 2001 eller hösten 2002 fått ange var de vill arbeta efter sin lärarexamen.²⁴ Det var 12 procent som svarade förskola eller förskoleklass, 38 procent grundskolans tidigare år, 16 procent grundskolans senare år och 25 procent gymnasiet/komvux. Så gott som alla var säkra eller ganska säkra på sitt val. Grundskolans tidigare år definierades i undersökningen som ”årskurs 1–7”, senare år som ”årskurs 4–9”. Vi konstaterar att grundskolans senare år (tillsammans med förskolan) så att säga är oproportionerligt impopulära. Jämfört med examensstatistiken 2002/03 kan man notera en minskning av intresset för grundskolans senare del med cirka 9 procentenheter. Man kan därför tala om ett vikande intresse för att arbeta i grundskolans senare år.

Det finns tecken på att denna bild av vikande intresse också gäller naturvetenskapliga inriktningar i läraryrket. För vissa lärosäten är intaget mycket lågt när det gäller inriktningar mot grundskolans senare del/gymnasiet (några få studenter). Denna problematik kan behöva bli föremål för närmare studium. Om vi har att göra med ett konsistent mönster finns det anledning att oroa sig, inte minst mot bakgrund av den låga och försämrade måluppfyllelsen 2003 (jämfört med 1992). Vi ser detta främst som ett demokratiproblem. Om det blir brist på kompetenta naturvetenskapliga lärare i grundskolans senare del, så får vi efterhand en allmänhet med försämrade möjligheter att sätta sig in i frågor som har med naturvetenskapen och dess effekter att

²⁴ Högskoleverket. (2004). *Läraryrket. Redovisning av en enkätstudie bland studenter på den nya läraryrket* (Högskoleverkets rapportserie 2004:19R). Stockholm: Högskoleverket.

göra, liksom att förstå och med insikt engagera sig i frågor om miljö och hållbar utveckling. På sikt kan en lärarbrist också leda till att skolelevernas intresse för val av fortsatt naturvetenskaplig utbildning minskar, vilket bl.a. får negativa konsekvenser för forskning och näringsliv.

Problem inom lärarutbildningen

I en longitudinell studie som pågick sex och ett halvt år följdes sju lärarstudenter, i huvudsak inriktade mot NO för grundskolans senare del, genom hela sin utbildning och under första årets tjänstgöring.²⁵ Metoden var upprepade intervjuer i anslutning till lektionsbesök. Bland resultaten kan nämnas att de nyexaminerade lärarna uttryckte stort behov av konkreta och detaljerade metodikunskaper som de kunde lita på och använda för att genomföra lektioner. Sju personer är naturligtvis inte ett representativt urval, men vår egen och kollegors erfarenhet pekar på att de sju fallen i studien inte är ovanliga. Därför är det befogat att fråga: Varför har lärarutbildningen inte lyckats så väl med just detta – att utbilda lärare som känner en säkerhet när det gäller att hålla bra lektioner i vanliga klasser? Vi föreslår följande förklaring.

För trettio år sedan var metodik ett starkt inslag i lärarutbildningen. Den bidrog, tillsammans med praktiken, till att den studerande blev någorlunda väl förberedd för läraryrkets realiteter. Metodiken byggde dock så gott som uteslutande på beprövad erfarenhet. Teoretisk förankring och systematisk empirisk forskning hörde till undantagen. Delvis som en reaktion mot denna brist har det på senare år skett en markant förskjutning mot teori och vetenskaplighet, vilket medfört att den beprövade metodiska erfarenheten både förlorat i status och tid till förfogande. Förändringen är också en konsekvens av att lärarutbildningen numera, förutom mycket annat, skall förbereda för en forskarkarriär.

Man skulle kunna säga att en brist rättats till men att en ny uppstått. Lärarutbildningen ger i dagens läge goda teoretiska kunskaper, men genomarbetade, prövade och nedskrivna exempel på hur dessa kan konkretiseras i form av NO-undervisning för grundskolans olika år är relativt sparsamt förekommande i utbildningen.

Beträffande grundskolans tidigare del är det heller ej så vanligt att de studerande får praktisera naturvetenskaplig undervisning i form av några lektionssekvenser under kvalificerad handledning. På basis av många skolkontakter i samband med grundutbildning och fortbildning och en utvärdering av hur ett

²⁵ Lager-Nyqvist, L. (2003). Att göra det man kan – en longitudinell studie av hur sju lärarstudenter utvecklar undervisning och formar sin lärarroll i naturvetenskap. *Göteborg studies in educational sciences 195*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

flertal av målen för skolår 5 i biologi, fysik och kemi har uppnåtts på några skolor ger vi följande förklaringar till denna brist:²⁶

- Lärarna har i stor utsträckning sin bästa kompetens inom det humanistiska och samhällsvetenskapliga området, och tenderar därför att inte undervisa så mycket i NO, som de behärskar mindre väl, särskilt kemi och fysik. Den naturvetenskapliga undervisningstraditionen i skolår 1–5 är därför mindre väl utvecklad.
- Basämnena svenska, matematik och engelska har en dominerande ställning. Deras höga status markeras med nationella prov. I debatten påpekas ibland att vi har en ”treämnesskola”.
- Trots att det finns nationella mål för biologi, fysik och kemi som eleverna skall uppnå i skolår 5 förekommer det att lärare anser att den undervisning som krävs delvis kan anstå till skolår 6.

Det nu sagda är några tecken på att lärarutbildningen ännu inte lever upp till de intentioner, som uttrycktes i propositionen ”En förnyad lärarutbildning”.²⁷ Efter att ha understrukit att utbildningen skall vila på vetenskaplig grund framhålls (sid 10–11):

Det vetenskapliga förhållningssättet måste också knytas till det arbete som utförs i praktiken, det vill säga till lärarens dagliga arbete. Skall ett vetenskapligt förhållningssätt genomsyra lärares utbildning måste det löpa som en röd tråd i samtliga inslag i utbildningen.

(...)

Den verksamhetsförlagda delen av utbildningen skall också bidra till att studenterna i högre grad relaterar ämneskunskaperna till lärprocesser och urval av ämnesstoff. Lärarutbildningen skall därför mer än tidigare förankras i konkreta och praktiska erfarenheter; den verksamhetsförlagda delen av utbildningen skall i ökad utsträckning utgöra en grund för de teoretiska kunskaperna i lärarutbildningen. Samtidigt måste de ämnes-teoretiska studierna struktureras med hänsyn till yrkets krav och bättre kopplas till den verksamhetsförlagda delen av utbildningen.

Detta ställer stora och delvis nya krav på de lärare och den organisation som tar emot studenterna. Eftersom undervisning i naturvetenskap för de lägre åldrarna är kapitel i många skolor begränsas möjligheten till kvalificerad handledning.

²⁶ West, E. (2003). *Var är vi? Utvärdering av NO i skolår 5*. (20-poängsuppsats i påbyggnadsutbildningen) Mölndal: Enheten för ämnesdidaktik, Inst. för pedagogik och didaktik, Göteborgs universitet.

²⁷ Regeringen. (2000). *Regeringens proposition 1999/2000:135: En förnyad lärarutbildning*. Stockholm: Riksdagen.

12. År 2015 – en framtidsvision

Skolan i informationssamhället

Såväl i skolan som inom lärarutbildningen har man under tiden fram till år 2015 ingående diskuterat olika möjligheter att motverka att den mediala världen för eleverna framstår som ett ostrukturerat myller av informationselement. Några begrepp från diskussionen om informationssamhället under 80-talet har kommit till användning, nämligen ”modellstark” och ”teoristark”.²⁸ Den som har goda modeller och teorier har också goda möjligheter att uppfatta och beskriva sammanhang och förstå och förklara förändringar.

I linje härmed har det skett en omsvängning i sättet att se på teorier i grundskolans biologi, fysik och kemi. Tidigare hade teorier dåligt rykte. Att vara teoretisk förknippades med ord som torr, tråkig och abstrakt. Nu har man intagit ståndpunkten att det är teorierna som gör världen begriplig. Det gamla ordspråket ”Grå är all teori, grönskar gör livets gyllene träd” har fått konkurrens av ett annat – ”Grönskande är all teori, grått är livets ostrukturerade myller av detaljer”. Man undervisar på ett annat sätt än tidigare om t.ex. evolutionsteorin och partikelteorin för fast, flytande och gasformigt tillstånd:

- Undervisningen planeras och genomförs så att teorin framstår som en sammanhållande röd tråd.
- Eleverna erbjuds många möjligheter att använda teorin som ett tankeverktyg

Man har också kommit till insikt om att naturvetenskapens begrepp och teorier naturligtvis är bra att kunna, men otillräckliga för att förstå den komplexa världen. Man söker därför efter ”orienteringsmönster”, varmed menas en samsättning av kunskapsdelar till mönster, som hjälper eleven att bättre orientera sig i omvärlden än vad renodlade ämnesteorier och begrepp eller olika vardagserfarenheter gör. Men både vetenskapligt och vardagligt kunnande tas tillvara då orienteringsmönster byggs upp. Ett exempel på ett orienteringsmönster är ”energiflödet på jorden”. Det beskriver hur, och i vilka proportioner, energin flödar från naturen genom olika tekniska system i samhället och sedan åter till naturen, och är till hjälp för att förstå människans energisituation.²⁹

²⁸ Se Tengström, E. (1987). *Myten om informationssamhället*. Rabén & Sjögren, sid. 57–58 för ett resonemang om dessa begrepp.

²⁹ Se en workshop, utvecklad inom projektet NORDLAB-SE, som heter ”Energiflödet genom natur och samhälle: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/pdf/sam1.pdf> (se också bilaga 3).

En viktig egenskap hos de orienteringsmönster som skolan undervisar om är att de stödjer individens orientering i världen men lämnar utrymme för personliga tolkningar och ställningstaganden. En metafor för undervisningen som används är snöflingan. Den har sexhörningen som grundstruktur, men förekommer i en närmast oändlig mängd fascinerande former. Grundstrukturen motsvarar de orienteringsmönster som skolan undervisar om, de många formerna elevernas personliga sätt att förstå och använda dessa vetgirighetens redskap.

Universiteten deltar i arbetet på att utveckla orienteringsmönster och engagerar sina bästa krafter för att göra kunskapssynteser som ett komplement till de många specialiseringar och särintressen som annars präglar det akademiska livet. Melodin är att man inte bara skall bli kunnigare utan också klokare och mera kringstynt genom akademiska studier.

Föreställningen om eleven som informationssökare och läraren som en något tillbakadragen handledare har reviderats. Det är framför allt insikten att naturvetenskapliga begrepp och teorier är skapade av människor, och utvecklade i ett växelspel med experiment, som slagit igenom. Man förstår nu tillfullo att eleverna ej på egen hand kan upptäcka begrepp och teorier genom att t.ex. experimentera och undersöka eller resonera med varandra. De är därför hänvisade till olika media och till sina lärare och andra naturvetenskapligt kunniga personer för att lära sig fysik, kemi och biologi. Läraren ses nu som nyckelpersonen i detta sammanhang. Det är han/hon som är bäraren av det naturvetenskapliga kunnandet. Utan lärarens begreppsintroduktioner och systematiska planering av situationer för begrepps användning är chansen ganska liten att det blir en bestående behållning av den naturvetenskapliga undervisningen. Läraren kan handleda när så behövs, men hans eller hennes roll är nu att vara en aktiv och kunnig kulturbärare med ett brett undervisningsregister.

Formativ utvärdering används år 2015 medvetet och regelbundet både i lärarens undervisning och elevernas studier.³⁰ Det finns nu bl.a. ett stort antal forskningsbaserade diagnosinstrument som så att säga sätter fingret på kritiska punkter i begrepps bildningen. De används enskilt av eleven för att upptäcka svagheter och styrkor, och för att följa hur det egna kunnandet utvecklas. De brukas av läraren för att ta reda på klassens utgångsläge och för att följa begreppsutvecklingen. Databasdrivna Internetapplikationer gör detta lätt att administrera.

³⁰ Uttrycket ”formativ utvärdering” syftar på utvärdering som ger information till lärare och elever, vilken används till att försöka förbättra undervisning och lärande.

Tillståndet i världen och hållbar utveckling

Undervisning om hållbar utveckling är år 2015 en angelägenhet för alla lärare i alla svenska skolor. Varje skola har en genomarbetad plan med en tydlig progression för förskola till och med skolår 9. Den syftar till att utveckla omsorg om, och engagemang för, det levande och dess villkor likväl som att bygga orienteringsmönster som hjälper eleverna att förstå naturen, tekniken och samhället och olika interaktioner mellan dessa system. Elevens eget liv och eget lokalsamhälle kopplas till globala sammanhang och skeenden. De kunskaper och attityder, liksom det mod och självförtroende, som denna undervisning åstadkommer, gör eleverna benägna att delta i offentliga och privata diskussioner om hållbar utveckling. De är också beredda att fatta genomtänkta beslut, både när det gäller samhället och dem själva, i riktning mot mer hållbar utveckling.

När det gäller progressionen råder konsensus om att undervisningen i yngre åldrar bör fokusera omsorg om, och engagemang för, det levande och förståelse av organismer och deras livsbetingelser i olika stadier av livscykel. Det är fråga om miljöfaktorer som påverkar deras trivsel, om deras plats i näringsvävar och om utbyte av materia och energi med omgivningen. Samspelet mellan populationer och mellan organismerna och den abiotiska miljön fokuseras genom begreppen samhälle och ekosystem. Miljöproblem introduceras alltefter som eleverna blir äldre och i takt med att de har fått kunskaper som gör att de kan bearbeta problemen med viss förståelse. I tonåren behandlas den komplexitet som växelverkan mellan systemen ”natur”, ”teknik och ”samhälle” innebär när det gäller hot och möjligheter angående hållbar utveckling.

Lärarytbildningen

Lärarytbildningen fungerar år 2015 enligt propositionens intentioner.³¹ Naturvetenskapen, ämnesdidaktiken och den verksamhetsförlagda utbildningen är nu integrerade på ett sådant sätt att den nyexaminerade läraren har såväl det självförtroende som de kunskaper av olika slag som behövs för att klara undervisningen i skolan.

En typ av forskning som pågår både i nationella och internationella nätverk gäller design och utvärdering av undervisningssekvenser. Arbetet sker i nära samverkan mellan ämnesdidaktiska forskare och lärare i skolan. Huvudresultaten är dels innehållsorienterade teorier som anger undervisningsbetingelser vilka gynnar lärande av det givna innehållet, dels lärarhandledningar för fortsatt kunskapsbygge. De senare innehåller diskussion om motiv för att under-

³¹ Regeringen. (2000). *Regeringens proposition 1999/2000:135: En förnyad lärarytbildning*. Stockholm: Riksdagen.

visa det aktuella innehållet, översikt av forskningsresultat om elevers föreställningar och möjligheter att förstå, analys av innehållets nyckelidéer, målsättning och ett genomarbetat exempel på hur den innehållsspecifika teorin kan omsättas i form av en undervisningssekvens. Ett stort antal sådana handledningar finns i en databas, som innehåller bidrag både från svenska och internationella lärosäten. Basen är en flitigt utnyttjad resurs, både av nyexaminerade och mer erfarna lärare. Varje lärare behöver nu inte uppfinna hjulet på nytt utan kan stå på kollegors och forskares axlar då han/hon utvecklar egna lektioner.

Tack vare en uthållig satsning, stöttad av särskilda statsanslag, har man äntligen fått ordning på den naturvetenskapliga undervisningen i skolor 1–5. I de skolor där de lärarstuderande övar sig att hålla lektioner är det lika självklart att skolbarnen får en lämplig och regelbunden naturvetenskaplig undervisning som att de har matematiklektioner varje vecka. Detta betyder att lärarstuderande inriktade på naturvetenskap för tidigare åldrar under sin utbildning får genomföra ett antal undervisningssekvenser inom sitt specialområde under kompetent handledning. Den reella kompetens som de bygger upp på detta sätt kan sedan komma till användning på de skolor där de börjar att tjänstgöra som examinerade lärare.

Skolorna

Som en följd av det ökade vetenskapliga utbytet mellan universitet och skola har också lärarinitierat utvecklingsarbete tagit fart ordentligt, både på den egna skolan och i nätverk med andra skolor. Arbetet är ett led i att systematiskt tillvarata och dokumentera lärares och lärargrupperns erfarenheter från sin praktik på ett sådant sätt att skolutvecklingen drivs framåt. Det finns erfarenheter av detta från andra länder, och dessa tas naturligtvis tillvara.³² Spridningen av lärarlagens utvecklingsarbete har fått fart och status genom en referee-bedömd tidskrift där genomarbetade lokala undervisningsprojekt redovisas. Flera gånger varje år hålls regionala och nationella konferenser där lärare och forskare möts för att ventilera hur skolans undervisning kan utvecklas.

³² Stiegler, J.W. & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap. Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom*. New York: The Free Press.

13. Några steg på väg mot visionen

Att förbättra och förnya skolans och lärarutbildningens naturvetenskap i enlighet med den skisserade visionen kräver betydande insatser. Ett flertal aktörer kommer att behöva arbeta koordinerat och uthålligt – statsmakten, lärarutbildningen, den utbildningsvetenskapliga forskningen, kommunerna och skolorna med sina ledare, lärare och elever. Vi lämnar här ett bidrag till detta arbete genom att skissera några forskningsinsatser som vi tycker är angelägna, och för vilka kunskapsläget är sådant att de omedelbart kan sättas igång. Resonemanget utgår från ett begreppssystem för att karaktärisera olika typer av naturvetenskaplig forskning som utvecklats av professor Donald Stokes.³³ Vi presenterar hans idéer, prövar att använda dem på ämnesdidaktisk forskning och argumenterar för att detta leder till en både vidgad och fördjupad syn på ämnesdidaktikens roll.

En rikare forskningsagenda

En linjär modell – grundforskning först, applikationer sedan

Efter andra världskrigets slut utarbetades i USA en rapport, ”Science, the Endless Frontier”, som med emfas betonade vikten av grundforskning, enbart inriktad på generell förståelse och utan tanke på praktiska tillämpningar. Krav på applikationer antogs hämma kreativiteten. Resultaten av denna forskning förväntades fungera som en motor för teknologiska framsteg och ekonomisk utveckling. Genom tillämpad forskning och utvecklingsarbete skulle grundforskningens upptäckter omvandlas till innovationer som kunde tillgodose olika behov i samhället. Relationen mellan grundforskning och tillämpning uppfattades med andra ord som linjär – se figur 13.1.

Figur 13.1 En linjär modell av relationen grundforskning – praktisk användning.



³³ Stokes, D. E. (1997). *Pasteur's quadrant. Basic science and technological innovation*. Washington, D.C.: Brookings Institution Press.

Den linjära modellen, som är en vanlig föreställning än i dag, har en lång historia. Rötterna finns i antikens Grekland, där man gjorde åtskillnad mellan naturfilosofi och teknisk-praktisk verksamhet. Filosofin var förbehållen en intellektuell elit. Den hade inget praktiskt syfte men väl betydligt högre status än manuellt arbete.

Om vi så gör ett raskt hopp till 1800-talet finner vi exempelvis i Tyskland att universiteten ägnade sig åt Wissenschaft, under det att teknologin utvecklades vid Technische Hochschulen. Och går vi fram till tiden efter 2:a världskriget kan vi konstatera att det linjära tänkandet enligt figur 13.1 dominerade forskningspolitiken i USA.

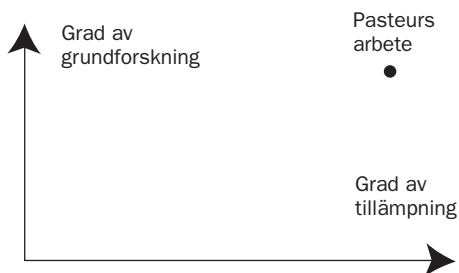
Här noteras som en parentes att de svenska lärarhögskolornas organisation på 60-talet föredro en institutionaliserad separation mellan vetenskap och praktiskt arbete i skolan. Enligt dåvarande stadga skulle forskning ske vid dessa högskolors pedagogiska institutioner. Den svåra konsten att bedriva bra undervisning i vanliga klassrum fick metodikinstitutionerna ägna sig åt. Kanske var det den linjära modellen som styrde valet av denna organisation.

En fyrfältsmodell av forskning

Men verkligheten har visat sig vara betydligt mer komplex än modellen. Ett exempel är Louis Pasteurs arbete. Särskilt under senare delen av sin karriär ställdes han inför olika praktiska problem, t.ex. att förhindra att vin och öl försämrades i kvalitet och att förebygga sjukdomar. Under arbetet med dessa problem utvecklade han vetenskapen mikrobiologi.

Att placera Pasteur på en lämplig punkt i figur 13.1 blir således svårt. Han strävade både efter grundläggande vetenskaplig förståelse och praktisk användning. Ett sätt att lösa svårigheten är att övergå till två dimensioner. Se figur 13.2. Längs den horisontella axeln anges "grad av tillämpning", längs den vertikala "grad av grundforskning". Nu kan Pasteurs arbete karakteriseras med en punkt, som ligger högt på båda axlarna.

Figur 13.2 Pasteurs placering i ett tvådimensionellt begreppsrum.



En förenkling av figur 13.2 är att göra om den till en fyrfältstabell. Se figur 13.3!

Kvadranten för ren grundforskning representeras av Niels Bohr, som i början av 1900-talet gjorde banbrytande teoretiska landvinningar inom atomfysiken utan tanke på tillämpningar. Den nedre högra kvadranten exemplifieras av Thomas Alva Edison, som utvecklade kommersiellt gångbar elektrisk belysning bl.a. genom att tillämpa den gren av fysiken som kallas ellära, men utan att lämna några vetenskapliga bidrag till denna. Den nedre vänstra kvadranten är inte tom. Den innehåller t.ex. systematiska undersökningar av specifika fenomen utan tanke på tillämpning eller teoribygge.

Figur 13.3 Fyrfältsmodell av forskning.

		Söker forskningen praktisk användning?	
		Nej	Ja
Söker forskningen teoretisk förståelse?	Ja	Ren grundforskning (Bohr)	Användarinspirerad grundforskning (Pasteur)
	Nej		Ren tillämpad forskning (Edison)

Fyrfältsmodellen använd på ämnesdidaktisk forskning

Låt oss nu tillämpa fyrfältsmodellen på ämnesdidaktik inriktad mot naturvetenskap. Betrakta figur 13.4! En person vars forskningsresultat påverkat denna didaktik är Piaget. Han var genetisk epistemolog, dvs. inriktad på generell förståelse av hur kunskap uppstår och utvecklas. Hans vetenskapliga verksamhet hör hemma i Bohrs kvadrant. Men Piagets teorier och resultat tillämpas i undervisningssammanhang, dvs. kommer till användning i Edisons kvadrant.

Figur 13.4 Fyrfältsmodellen tillämpad på ämnesdidaktisk forskning.

		Söker forskningen praktisk användning?	
		Nej	Ja
Söker forskningen teoretisk förståelse?	Ja	Piaget	?
	Nej	Systematiska kartläggningar, t.ex. nationella utvärderingar	Utveckling av undervisning (kursplaneprojekt, undervisningsexperiment)

Exempel på arbete i nedre vänstra kvadranten är nationella utvärderingar. Dessa syftar inte till teoriutveckling och bara indirekt till att lösa praktiska problem såsom förbättring av undervisningen. Men de sker systematiskt med vetenskapliga metoder för urval och databearbetning. Därför hör de hemma i den nedre vänstra kvadranten.

Exempel på arbeten i Edisons kvadrant (nedre högra) är undervisningsexperiment i syfte att förbättra elevernas möjligheter att lära. Liksom Edison utnyttjar man under arbetet all relevant kunskap som man känner till, men lämnar knappast bidrag till grundläggande vetenskaplig förståelse.

Till Pasteurs kvadrant (övre högra) återkommer vi strax.

Vi noterar att en fyrfältstabell är fyrkantig inte bara i bokstavlig utan också i överförd bemärkelse, dvs. det är inte alltid så lätt att placera verksamheter i det ena eller andra fältet. Hur är det t.ex. med fenomenografin och den sociokulturella ansatsen? Vi hänför båda dessa forskningsinriktningar till Bohrs kvadrant, eftersom de inte försöker lösa praktiska skolproblem utan snarare strävar efter grundläggande vetenskaplig förståelse av hur människan erfar sin omvärld respektive kommunicerar i olika sammanhang. Resultat från de båda forskningsinriktningarna, liksom Piagets arbete kan användas då man arbetar med praktiska problem i Edisons kvadrant.

Fyrfältsmodellen och förbättring av skolans naturvetenskap

Forskning som syftar till förbättring av skolans naturvetenskap hör hemma i de båda högra kvadranterna. Utgångspunkten och drivkraften är ju att lösa ett praktiskt problem av stor samhällelig relevans. En rimlig ansats är att helt enkelt försöka utveckla undervisning som är bättre än gängse praxis, och därvid

använda kunskap från bl.a. Bohrs kvadrant och lärarerfarenhet. Utprovningar får visa om den nya undervisningen ger bättre resultat än den gamla. Detta slags arbete – i Edisons kvadrant – tenderar dock att inte betraktas som vetenskap. Särskilt illa anses det vara om arbetet sker pragmatiskt utan någon anknytning till etablerade teorier. Det är den linjära modellens statusskala som kommer till uttryck i detta synsätt.

Mot denna bakgrund är det intressant att notera att det inom ämnesdidaktiken nu sker en rörelse in i Pasteurs kvadrant när det gäller försök att förbättra naturvetenskaplig undervisning. Kvadranten är uppmärksam i en analys som gjorts av National Research Council i USA.³⁴ Man understryker i denna att den linjära modellen är alltför begränsande när det gäller att utforma en utbildningsvetenskaplig forskningsagenda. Som en alternativ modell av betydelse lyfter man fram forskning som tar sin utgångspunkt i praktiska problem, vilka görs till föremål för forskningsinsatser som genererar både praktiskt användbara resultat och bidrag till utbildningsvetenskapens utveckling. En tidig företrädare för detta synsätt var Ann Brown vid Berkeleyuniversitetet.³⁵ Aktuella exempel är de olika ”Design experiments in educational research” som nyligen genomförts eller pågår i USA³⁶ och liknande arbeten i Europa, såsom ”developmental research”,³⁷ ”educational reconstruction”³⁸ och ”teaching-learning sequences”.³⁹

Design och utvärdering av undervisningssekvenser

Ett bidrag från vår egen miljö är ett forskningsprogram kallat ”Design och utvärdering av undervisningssekvenser”. Dess syfte är att medverka till att lösa det problem som tydliggjorts genom de nationella utvärderingarna 1992, 1995 och 2003, nämligen att bara en mindre andel av eleverna uppnår målen i biologi, fysik och kemi. Programmet går ut på att ämnesdidaktiska forskare och

³⁴ Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. C. (Eds.). (2000). *How people learn. Brain, mind, experience, and school*. Washington, D. C.: National Academy Press.

³⁵ Brown, A. L. (1992). Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178.

³⁶ Kelly, A. (2003). Theme issue: The role of design in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), pp. 3–4.

³⁷ Lijnse, P. (1995) ”Developmental research” as a way to an empirically based ”didactical structure” of science. *Science Education*, 79(2), 189–199.

³⁸ Kattmann, U., Duit, R., & Gropengießer, H. (1998). The model of educational reconstruction. Bringing together issues of scientific clarification and students’ conceptions. In H. Bayrhuber & F. Brinkman (Eds.), *What – Why – How? Research in Didaktik of Biology* (pp. 253–262). Proceedings of the First Conference of European Researchers in Didaktik of Biology (ERIDOB), Kiel: IPN.

³⁹ Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching- learning sequences. Aims and tools for science education. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515–535.

lärare i skolan tillsammans designar undervisningssekvenser och undersöker hur de fungerar i praktiken, bl.a. med avseende på vad eleverna lär sig. Dels eftersträvas grundläggande förståelse av vilka undervisningsbetingelser som är gynnsamma för lärande av det specifika innehållet. Denna förståelse uttrycks i form av en innehållsorienterad teori. Dels designas undervisningssekvenser som exempel på hur teorin kan omsättas i praktisk undervisning som leder till bättre långsiktig behållning än gällande undervisningspraxis. Det är med andra ord fråga om arbete i Pasteurs kvadrant.

Ett viktigt resultat av forskningen är lärarhandledningar avsedda för fortsatt kunskapsbygge. En sådan handledning innehåller i princip följande:

- Diskussion om varför man undervisar det givna området.
- Analys av det naturvetenskapliga innehållet (begreppsstruktur, relationer till andra områden m.m.)
- Viss fördjupning av naturvetenskapligt kunnande, i vilken en idéhistorisk översikt kan ingå.
- Redovisning och analys av forskningsresultat om elevföreställningar och svårigheter att förstå, liksom resultat av eventuella försök att undervisa området.
- Förslag till mål i relation till elevens utgångsläge.
- Analys av forskningsresultat angående innehållspecifika och allmänna betingelser som är gynnsamma för ett lärande som leder till förståelse. Analysen sammanfattas i form av en innehållsorienterad teori.
- Förslag till ett antal lektioner som exemplifierar hur den innehållsorienterade teorin kan tillämpas. Till lektionssekvensen hör uppgifter lämpliga för diagnos och utvärdering av framför allt begreppsförståelse. Problemsamlingar, elevtexter, simuleringar och annat kan ingå.
- Redovisning av olika resultat av utprövningen (vad eleverna har lärt sig och hur de upplevt undervisningen, försökslärares erfarenheter m.m.)

Forskare vid vår enhet har hittills designat och utvärderat undervisningssekvenser gällande en kvalitativ partikelmodell för gaser⁴⁰ respektive geometrisk optik⁴¹ för grundskolans senare del och evolutionsteorin för gymnasiet NV-

⁴⁰ Andersson, B., & Bach, F. (1996). Developing new teaching sequences in science: The example of "gases and their properties". In G. Welford, J. Osborne & P. Scott (Eds.), *Research in science education in Europe: current issues and themes* (pp. 7–21). London: The Falmer Press.

⁴¹ Andersson, B., & Bach, F. (in press). On designing and evaluating teaching sequences taking geometrical optics as an example. *Science Education*.

program.⁴² Under arbete med de två senare sekvenserna har innehållsorienterade teorier utvecklats.

Arbete i alla kvadranter behövs

Vi menar att övergången från den linjära modellen ”grundforskning – praktisk tillämpning” till ”kvadrantmodellen” kan ge en rikare vetenskaplig agenda. För att lösa problemet med att förbättra skolans naturvetenskapliga undervisning behövs kunskande från alla kvadranter och samverkan mellan olika aktörer. Då kan forskningen både stödja och driva fram skolutveckling, dvs. demonstrera sin legitimitet i samhället. Det finns alltså ingen anledning att hävda någon statusskala, förutsatt att olika arbetsinsatser har god kvalitet.

Vi bedömer att den nya rörelse inom ”science education research” som gäller design och utvärdering av undervisningssekvenser är av stort intresse för att förbättra både lärarutbildningen och undervisningen i skolan. Den nya forskningen

- är teoriförankrad (ofta i socialkonstruktivismen)
- genererar egna teorier
- är praktisk eftersom den också innebär utveckling av konkret undervisning
- är generativ genom att den skapar lärarhandledningar för fortsatt kunskapsbygge

Denna forskning är en värdefull resurs i det framtida arbetet med att förbättra skolans undervisning i naturvetenskap. Genom lämpliga samarbeten inom Sverige och internationellt är det möjligt att bygga upp en databas med denna typ av handledningar, till glädje för lärarutbildningen och för såväl nya som erfarna lärare.

Om hur olika kunskaper kan hjälpa varandra

Från separation till samordning och integration

Inom grundskolans undervisning i naturvetenskap finns omständigheter som försvårar kopplingar mellan olika innehåll och integration av delar till helheter. Många inblandade är genom sin akademiska utbildning vana att tänka i ämnestermer, dvs. biologi, fysik och kemi var för sig. Lärare i tidiga skolår är relativt ovana vid naturvetenskap och därför mindre benägna att vara pådrivande när det gäller att skapa en lämplig progression i undervisningen från förskolan till år 9, dvs. kopplingar mellan olika skolår. Lärare i senare skolår kan känna

⁴² Wallin, A. (2004). Evolutionsteorin i klassrummet. På väg mot en ämnesdidaktisk teori för undervisning i biologisk evolution. *Göteborg studies in educational sciences* 212. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

sig främmande för undervisning i naturvetenskap för yngre barn. Problemet med hur man kan planera den naturvetenskapliga undervisningen för hela grundskolan har heller knappast stått i fokus för lärarutbildningen, som har många olika undervisningsplikter och knappa ekonomiska resurser. Vi bedömer därför att ämneslärare är ovana vid att planera för begreppslig progression även inom sina ämnen. Det finns å andra sidan många möjligheter till en sådan, liksom till länkbygge och integration. Här beskrivs några sådana:

Röda trådar. Idén om en röd tråd i undervisningen innebär i all enkelhet att det som undervisningen handlar om vid en viss tidpunkt bygger på vad eleverna tidigare lärt sig och förbereder för det innehåll som står näst i tur. Ett exempel från området materia får illustrera. I tidiga åldrar kan man undervisa om fast, flytande och gasformigt tillstånd genom att göra många iakttagelser och experiment, inte minst av luft som exempel på gasformigt tillstånd. Iakttagelser och resonemang angående smältning, stelning, avdunstning och andra övergångar mellan tillstånd hör också hit. Nästa steg, kanske i skolår sex eller sju, är att införa en partikelmodell som förklarar gasers egenskaper. Modellen byggs ut till att omfatta också flytande och fast tillstånd. Denna modell är i sin tur en lämplig förberedelse för det mer komplicerade partikeltänkande som gäller för kemiska reaktioner. Genom att börja tänka med en förenklad modell, enligt vilken partiklarna som sådana inte förändras, får eleverna erfarenhet av att en partikelmodell kan förklara det som utspelar sig på det makroskopiska planet. I kemin handlar det sedan om cirka 100 atomslag och otaliga molekyllslag. Partikeltänkande har också betydelse i biologin, t.ex. när det gäller kemiska reaktioner i organismer.

En annan röd tråd skulle kunna kallas "livets kontinuitet". Kunskaper om denna byggs upp dels genom att tidsperspektivet successivt vidgas, dels genom att allt fler organisationsnivåer beaktas.

När det gäller olika tidsskalor noteras att organismer lever från dag till dag, och att dagarna adderas till längre tidsperioder. Denna kontinuitet upprätthålls genom att djuren intar föda och att växterna gör sin egen föda genom fotosyntesen. Livet bevaras också från generation till generation genom att livscyklar avlöser varandra. Livet har också bevarats några miljarder år. Kontinuiteten på denna tidsskala kallas evolution. Den nuvarande diversiteten har evolverat från enkla organismer. Allt mer komplexa arter har med tiden uppstått.

Livets kontinuitet kan förstås på olika organisationsnivåer. Yngre elever studerar nivåerna organism och population. Efterhand introduceras cell, kromosom och gen, vilket möjliggör intressanta länkar mellan innehållet i tidigare och senare delar av grundskolan. Då en livscykel genomlöpts och en ny börjar är den nya organismen inte helt och hållet tillbaka på "ruta ett". Mutationer

kan ha skett i de könsceller som sammansmälter och utgör början på en ny individ. Omkombinationer av genetiskt material sker vid befruktning. Tack vare processer som dessa finns en variation i egenskaper i en population, vilket är en förutsättning för evolution. Man kan säga att då elever i tidigare åldrar kommer in på befruktning som en del av livscykel, så knackar de på dörren både till genetiken och evolutionen, vilket är en spännande och viktig länk mellan biologiundervisningen i grundskolans tidigare och senare del och start på två huvudområden i biologin.

Nätverk. Olika röda trådar har på olika punkter förbindelser med varandra. Man kan tala om nätverk av begrepp. Då man till exempel kommit till fotosyntesen i biologin görs kopplingar till gasbegreppet och till kemiska reaktioner. Relationer mellan begrepp kan åskådliggöras exempelvis med begreppskartor. Att konstruera lämpliga sådana är ingen lätt uppgift, men borde kännas angeläget för utbildningssystemet. Ett intressant internationellt exempel finns.⁴³

Teoriintegration. Tänk på en golfboll i luften, en skridskoprinsessa som ökar sin rotation genom att hålla armarna intill kroppen och en vas som står på ett bord. Rörelseaspekterna av dessa händelser kan tankemässigt fogas samman genom att man ser dem som manifestationer av Newtons rörelselagar. Dessa skapar en enkel helhet av många olika slags rörelse: partiklars, stela kroppars, vätskors, ljudvågors. Det är enkelheten som är poängen. Tillvarons mångfald reduceras till ett litet antal grundprinciper, vilket ger tankeekonomi. Denna integrerade förståelse tar dock tid att erövra. Intressanta teorier som kan behandlas i grundskolans senare del är en partikelmodell för gaser, en strålmödel för ljuset och teorin om utveckling genom naturligt urval. Den didaktiska svårigheten torde vara att få eleverna att se den tankeekonomi som teorierna ger. En teori kan inte pluggas in som vilka fakta som helst. Den måste förstås som en helhet i relation till den mångfald av företeelser som den håller ihop.

Orienteringsmönster. Detta begrepp har berörts i förra kapitlet. Det är fråga om att sätta samman kunskapsdelar till mönster, som hjälper eleven att bättre orientera sig i omvärlden än vad renodlade ämnesteorier och begrepp eller olika vardagserfarenheter gör. Ett exempel på ett orienteringsmönster är en framställning av den globala vattencykeln, som gjorts av hydrologen Malin Falkenmark.⁴⁴ Mönstret går utöver den gängse skolmodellen, som fokuserar vattnets fasändringar, genom att koppla samman människans många aktivite-

⁴³ American Association for Advancement of Science. (2000). Atlas of Science Literacy. Project 2061. Washington D.C.: AAAS Press.

⁴⁴ Falkenmark, M. (1995). Vattnets kretslopp – bortglömd nyckel till miljöproblemen, *Det evigt vandrande vattnet. Naturvetenskapliga forskningsrådets årsbok 1995*. Uppsala: Swedish Science Press.

ter med vattnets kretslopp i naturen och lyfta fram vattnets växelverkan med landskapet.

Orienteringssystem. Inom religionsvetenskapen används begreppet orienteringssystem. Ett sådant innebär ”en helhetstolkning av tillvaron med utgångspunkt i det centrala innehållet i individens erfarenhetsvärld. Systemet har en viktig funktion i individens liv. Det utgör en förutsättning för hur hon uppfattar sin egen roll och plats i helheten och ger henne vägledning i det personliga handlandet genom att både ställa diagnos på verkligheten och anvisa strategier för att bearbeta verkligheten och dess problem”.⁴⁵ Världens religioner är exempel på orienteringssystem, t.ex. kristendom, judendom och islam. Också politiska ideologier räknas hit, t.ex. socialism, liberalism och konservatism.

Skolan förhåller sig neutral till de flesta orienteringssystem. En intressant fråga är om det är motiverat att formulera åtminstone ett provisoriskt orienteringssystem som har en integrerande funktion när det gäller de individens handlingar som har miljökonsekvenser. Ett sådant system anser vi kan innehålla ”långsiktigt hållbar utveckling” som ett värde med samma ställning som det närbesläktade ”vördnaden för livet”.

Guide till grundskolans naturvetenskap

Vi menar att grundskolans naturvetenskap kan framträda tydligare för eleverna om varje inblandad lärare har en klar bild av helheten och kan relatera sin egen undervisning till denna. En förutsättning för detta är att det finns en översiktlig och lättfattlig beskrivning av innehållet på vanlig sakprosa. Till denna hör att skildra centrala begrepp, teorier och modeller från biologi, fysik och kemi, resonera om varför dessa är så viktiga att de skall ingå i grundskolans undervisning och klargöra på vad sätt de kan tjäna individen i hans/hennes fortsatta liv. I beskrivningen ingår också att ange lämpliga röda trådar från skolår 1–9 som leder fram till det centrala innehållet i fysik, kemi och biologi. Arbetsnamnet på den publikation som innehåller allt detta tycker vi kan vara ”Guide till grundskolans naturvetenskap”.

Guide till tema ”hållbar utveckling”

En liknande guide behövs för temat ”hållbar utveckling”. Den har naturliga kopplingar till guiden för naturvetenskap, liksom till en eventuell motsvarande guide till grundskolans SO. Ämnet teknik är också viktigt i sammanhanget. I denna guide ingår beskrivning av orienteringsmönster och ett orienterings-

⁴⁵ Se Tengström, E. (1987). *Myten om informationssamhället*. Rabén & Sjögren, sid. 102.

system som kan vägleda individen i hans/hennes handlande så att hållbar utveckling gynnas. Principerna för progression har formulerats i förra kapitlet. I tidigare åldrar fokuseras omsorg om det levande, förståelse av olika arters behov av en lämplig livsmiljö, hur olika populationer är relaterade i form av näringsvävar och hur de växelverkar med den abiotiska miljön. Miljöproblem introduceras i takt med att eleverna fått kunskaper om naturen, tekniken och samhället så att de kan resonera om problemen på ett konstruktivt sätt. I senare åldrar behandlas den komplexa interaktion mellan natur, teknik och samhälle som miljöproblem innebär, och som är nödvändig att förstå då man försöker styra utvecklingen mot en hållbar utveckling.

Gregory Bateson har på ett enkelt sätt formulerat det grundproblem som arbetet med dessa båda guider handlar om:⁴⁶

Fader: Jag tycker inte det går särskilt bra för oss i dag. Om vi skulle börja i en annan ända. Vad vi måste tänka igenom är hur de där kunskapsbitarna är sammanvävda. Hur de hjälper varandra.

Dotter: Hur gör de det?

Forskningsprojekt om undervisning och lärande

Med utgångspunkt i spänningsfältet mellan utgångsläget (kapitel 11) och framtidsvisionen (kapitel 12) framstår bl.a. följande forskningsinsatser som angelägna.

Naturvetenskap för skolår 1–5. Det är fråga om att tillsammans med lärare designa, pröva och utvärdera undervisningssekvenser inom centrala områden av grundskolans naturvetenskap och rapportera resultaten i form av den typ av lärarhandledningar för fortsatt kunskapsbygge som beskrivits ovan. Det svenska LMN-projektet (Låg- och Mellanstadiets Naturvetenskap) från 1970 är fortfarande en bra plattform att stå på för detta arbete, men det har på senare år tillkommit en hel del kunskaper om elevers föreställningar som måste beaktas i arbetet. Det finns också områden i våra nuvarande kursplaner som inte ingick i LMN, t.ex. ”ljud och hörsel” och ”människokroppen”.

Materiens partikelnatur i skolår 6–9. Ett oroande resultat av den nationella utvärderingen 2003 är den påtagliga försämringen av måluppfyllelsen i kemi. Därför är det angeläget att utveckla och studera undervisning i syfte att förstå vilka betingelser som är gynnsamma för att eleverna skall få kunskaper om materiens partikelnatur. Till detta hör insikten att kemiska reaktioner innebär att

⁴⁶ Bateson, G. (1972). *Steps to an ecology of mind* (sid 22). New York: Ballantine Books.

ingående ämnen/molekyler försvinner och att nya ämnen/molekyler bildas, men att de olika atomer som fanns från början också finns efter en reaktion – lika många och desamma, men omarrangerade. Detta är en hörnsten inte bara i kemin utan också i miljökunskapen.

Energiflödet på jorden. Detta orienteringsmönster har berörts i kapitel 12. Som nämnts beskriver det hur, och i vilka proportioner, energin flödar från naturen genom olika tekniska system i samhället och sedan åter till naturen, och är till hjälp för att förstå människans energisituation. Se bilaga 3 för en framställning av mönstret. En aspekt av detta energiflöde, nämligen en familjs användning av energi, har ingått i utvärderingen 1995 och 2003 med nedslående resultat – måluppfyllelsen var 7 procent 1995 och 4 procent 2003, se tabell 6.15. En annan uppgift ingick 1995.⁴⁷ Den gällde att följa energin som flödade in mot jorden så långt och så noga som eleven kunde. Enskilt var svaren inte så bra, men om man lade samman bidrag från alla elever i en klass fick man fram ett ganska bra mönster. En uppgift om hur stor andel av människans tekniska energianvändning som baserades på fossila bränslen ingick i den nationella utvärderingen 1998.⁴⁸ Elever i skolår 9 underskattar kraftigt denna andel (ungefär hälften så stor andel som i verkligheten). Det är angeläget att utarbeta lämpliga undervisningsstrategier som leder till att mönstret blir ett tankeredskap hos eleverna, som de kan använda då de diskuterar lokal och global energianvändning, energipolitik och det internationella politiska spelet om fossila bränslen och andra energikällor.

Problemlösning. Särskilt när det gäller frågor om miljö, hållbar utveckling och tillståndet i världen är problemlösning i grupp ett givet inslag i undervisningen. Det kan t.ex. gälla att sätta sig in i en fråga, diskutera denna och komma fram till ett ställningstagande. Studier av sådana problemlösningssprocesser har ingått i de nationella utvärderingarna sedan 1992. Det är angeläget att det kunnande som byggts upp genom dessa insatser fördjupas och kommer skolorna tillgodo i form av rika beskrivningar av olika fall och av hur eleverna påverkas när det gäller kunskaper, färdigheter och attityder.

⁴⁷ Andersson, B., Bach, F., & Zetterqvist, A. (1996). *Nationell utvärdering 95 – åk 9. Energi i natur och samhälle* (NA-SPEKTRUM, nr 17). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för ämnesdidaktik.

⁴⁸ Andersson, B., Kärrqvist, C., Löfstedt, A., Oscarsson, V., & Wallin, A. (1999). *Nationell utvärdering 98 – tema "Tillståndet i världen"* (NA-SPEKTRUM, nr 21). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för pedagogik och didaktik.

Bilaga 1. Lärarbedömning av provuppgifter

Instruktioner

Till att börja med bedöms uppgiftens användbarhet i tre olika sammanhang.

Det första sammanhanget är *undervisning*. Är uppgiften bra eller dålig att ge t.ex. som problem under lektion för att lösa enskilt eller i mindre grupp, som problem för klassdiskussion eller som hemläxa?

Det andra är *prov* som eleverna *förbereder* sig för.

Det tredje sammanhanget är *oförberett prov* för att utvärdera långsiktig kunskapsbehållning.

Du gör bedömningen i en femgradig skala som går från dålig till bra:

Sammanhang för användning	Bedömning
undervisning	dålig 1 2 3 4 5 bra
förberedda prov	dålig 1 2 3 4 5 bra
oförberett prov	dålig 1 2 3 4 5 bra

Utöver detta görs ytterligare fem bedömningar. De tre första gäller uppgiften som sådan, oavsett sammanhang. (Gör bedömningen "oviktig-viktig" i förhållande till hur du tolkar läroplan och kursplaner.) Den fjärde bedömningen gäller för användning av uppgiften vid förberett prov och den femte för användning vid oförberett prov för att utvärdera av långsiktig behållning.

Om du håller helt med om ett påstående i vänstra spalten ringar du in en etta. Om du håller helt med om ett påstående i högra spalten ringar du in en femma. Om du i stort sett håller med, men inte helt, så ringar du in en tvåa respektive en fyra.

Uppgiften....

löses genom att eleven minns och återger.	1 2 3 4 5	löses genom att eleven tänker och förstår
är tråkig och fantasilös för eleven	1 2 3 4 5	är rolig och stimulerande för eleven
prövar oviktig kunskap	1 2 3 4 5	prövar viktig kunskap
är lätt för eleverna vid förberett prov	1 2 3 4 5	är svår för eleverna vid förberett prov
är lätt för eleverna vid oförberett prov	1 2 3 4 5	är svår för eleverna vid oförberett prov

Bedömningsresultat

Tabell 1 Bedömning av provuppgifter. Medelvärden på skala från 1 till 5. De två biologiuppgifterna har bedömts av 24, övriga av mellan 15 och 18, NO-lärare på grundskolan.

Uppgift	minnas (1) förstå (5)	tråkig (1) rolig (5)	oviktig (1) viktig (5)	dålig (1) dålig (1) dålig (1)				
				lätt (1) svår (5) förb.	lätt (1) svår (5) oförb.	bra (5) för egen undervis.	bra (5) förb. prov	bra (5) oförb. prov
Var sker fotosyntes?	3,3	2,9	3,9	1,9	3,0	3,8	4,0	4,1
Hur ändras gasblandningen?	3,9	3,4	4,4	2,6	3,5	4,5	4,0	3,9
Vilken fasövergång är det?	3,6	3,3	4,1	2,8	3,5	4,0	3,9	3,8
Vad innehåller kokbubblorna?	3,4	3,0	3,7	2,6	3,2	3,8	3,7	3,7
Bevaras massan då is smälter?	4,3	4,0	4,4	2,8	3,3	4,5	4,2	4,4
Varför ändrar ljusfläcken färg?	4,1	4,1	4,0	3,7	4,3	4,7	4,4	3,9
Når ljuset flickan?	4,5	4,1	4,1	3,3	3,9	4,4	4,3	4,0
Organisationsnivåer	3,4	3,2	4,4	2,4	3,2	4,0	3,6	3,8
Vad består av atomer?	4,1	4,0	4,4	3,1	3,8	4,5	4,3	4,3
Varifrån kommer rosten?	4,4	4,1	4,2	2,9	3,7	4,4	4,2	4,1
Vad väger avgaserna?	3,4	3,4	3,9	3,4	4,3	4,3	3,5	3,4
Vad visar partikelbilderna?	4,3	4,2	4,3	3,4	4,1	4,3	3,9	3,8
Är utgångsämnen giftiga?	3,8	3,7	4,4	2,9	3,8	4,3	3,8	3,9
Vilka är kemiska reaktioner?	4,1	3,7	4,1	3,3	4,0	4,2	4,1	4,1
När bildas koldioxid?	4,0	3,8	4,1	3,3	3,9	4,4	4,0	3,9
Vad betyder pH?	3,6	3,4	4,3	3,4	4,1	4,2	4,1	3,7
Kolumnmedelvärden	3,9	3,6	4,2	3,0	3,7	4,3	4,0	3,9

Bilaga 2. Svartsbortfall på elevproven

Nedan redovisas svartsbortfallet uppgift för uppgift för de tre ämnesproven och jämförs med NU 92 eller UG 95 i de fall uppgifterna är identiska (eller nästan identiska). I svartsbortfallet på en uppgift inräknas de elever som varit närvarande men inte besvarat en viss uppgift eller skrivit svar av typ ”vet ej”, ”tråkig uppgift” m.m. Likaså ingår svar som är oläsliga på grund av otillräcklig upplösning vid inscanning (storleksordning 1–3 %)

Tabell 1 Svartsbortfall (%) på biologiprovet.

Uppgift	Typ av uppgift	Bortfall 1992	Bortfall 2003	Kommentar
1. Var sker fotosyntes?	åtta tvåval	4	ca 5	
2. Hur ändras gasblandningen?	sex tvåval	6	ca 5	
3. Varifrån kommer biomassan?	öppen	19	36	
4. Varför blir komposthögen mindre och varm?	öppen	13	25	
5. Vad händer med atomerna i det döda djuret?	öppen	21	34	
6a. Hur blir det nya ärftliga egenskaper?	fyra alt.	–	6	ny 2003
6b. Hur blir det nya ärftliga egenskaper?	öppen	–	61	ny 2003
7. Varför har geparderna blivit snabbare?	öppen	–	46	ny 2003
8. Hur cirkulerar bloddroppen?	fem alt	2	5	
9. Vad gör hjärtat?	fem tvåval	2	4	
10. Vad händer med inandningsluften?	öppen	15	26	
11. Vad ger energi till kroppen?	sex tvåval	1	3	
12. Var frigörs energin i maten?	öppen	13	31	

Chi²-test visar att bortfallet för flervalsuppgifterna är signifikant högre i NU-03 än i NU-92 på uppgifterna 8, 9 och 11. När det gäller de öppna uppgifterna är alla skillnader signifikanta.

Tabell 2 Svartsbortfall (%) på fysikprovet.

Uppgift	Typ av uppgift	Bortfall 1992/95	Bortfall 2003	Kommentar
1. Vilken fasövergång är det?	ett ord, sex ggr	1–2	14	
2. Vad innehåller kokbubblorna?	fyra alt.	1	3	
3a. Går kolven att skjuta in?	fem alt.	1	4	något ändrad 2003
4. Varför rinner inte saften ner?	öppen	22	25	
5a. Bevaras massan då is smälter?	fyra alt.	1	4	
5b. Bevaras massan då is smälter?	öppen	29	23	
6. Rätt och fel om ljus	sex tvåval	–	ca 5	
7Aa. När ljuset fram till flickan?	tvåval	–	3	enbart öppen 1992
7Ab. När ljuset fram till flickan?	öppen	6	5	
7Ba. När ljuset fram till flickan?	tvåval	–	4	enbart öppen 1992
7Bb. När ljuset fram till flickan?	öppen	6	5	
8. Varför ändrar ljusfläcken färg?	öppen	20	31	
9. Vad är ett ljusår?	öppen	19	31	
10. Rätt och fel om energi	fem tvåval	1	ca 5	
11. Hur kan en familj hushålla med energi?	öppen	9	19	
12. Vad orsakar lukt?	fyra alt.	1	5	

Bortfallen är signifikant högre i NU-03 än i NU-92 på alla flervalsuppgifter. På ettordsuppgiften (1) är bortfallet signifikant högre i NU-03 än NU-92. När det gäller de öppna uppgifterna är bortfallen signifikant högre i NU-03 än i NU-92 för uppgift 8, 9 och 11.

Tabell 3 Svartsbortfall (%) på kemiprovet.

Uppgift	Typ av uppgift	Bortfall 1992 (%)	Bortfall 2003 (%)	Kommentar
1. Hur många grundämnen finns det?	fem alt.	1	2	
2. Vilken gas får glöd att flamma?	ett ord	14	31	
3. Hur är luft sammansatt?	fyra alt.	1	2	något ändrad 2003
4. Vad består av atomer?	tolv tvåval	1	ca 4	något ändrad 2003
5. Organisationsnivåer	tre ord	6	20	
6. Vad betyder bilden?	öppen	–	31	ny 2003
7. Vad visar partikelbilderna? (fyra uppgifter)	ett ord, fyra gånger	ca 10	ca 31	
8. Vilka är kemiska reaktioner?	sex tvåval	2	ca 5	
9. När bildas koldioxid?	sex tvåval	2	5	
10. Vad betyder pH?	öppen	24	41	enbart elektroniska svar i NU-03
11. Är utgångsämnen giftiga?	fyra alt.	3	4	
12a. Varifrån kommer rosten?	fyra alt	3	3	
12b. Varifrån kommer rosten	öppen	27	54	
13a. Vad väger avgaserna?	fem alt.	3	4	
13b. Vad väger avgaserna?	öppen	43	62	

Svartsbortfallet är signifikant högre för NU-03 än för NU-92 på alla uppgifter utom 11, 12a och 13a.

Diskussion

Svartsbortfall kan ha betydelse när det gäller jämförelser mellan 1992/95 och 2003. För att få en uppfattning om storleksordningar när det gäller detta bortfall skulle man kunna resonera så här, med fysikuppgift 8 (Varför ändrar ljusfläcken färg) som exempel:

År 1992 var svartsbortfallet 20 procent, 2003 31 procent. För att kunna jämföra tar vi bort 11 procent av bortfallet 2003 och fördelar dessa procentenheter på kategorierna ”G eller VG-svar” och ”IG-svar” i proportion till den fördelning som vi faktiskt har år 2003. Den är:

G eller VG: 10 %

IG: 59 %

(svartsbortfall: 31 %)

Andelen G eller VG-svar kommer att öka med $(10 \times 11) : 69 = 1,6$ procentenheter; andelen IG-svar med $(59 \times 11) : 69 = 9,4$ procentenheter.

Denna analys vilar på ett felaktigt antagande, nämligen att svarsbortfallsgruppen är lika bra som den grupp som svarat. Det är den inte. Den är lite sämre, mätt med betyg. Därför är 1,6 procentenheter en alltför stor ökning. Hur mycket kan vi inte räkna ut, men vi kan säga att i detta fall har det högre svarsbortfallet ingen betydelse då vi jämför resultatet 1995 och 2003.

Här följer ett exempel till. Det gäller fysikuppgift 9 (Vad är ett ljusår?). År 1992 var uppgiftsbortfallet 19 procent, 2003 31 procent. För att kunna jämföra tar vi bort 12 procent av bortfallet 2003 och fördelar dessa procentenheter på kategorierna ”G eller VG-svar” och ”IG-svar” i proportion till den fördelning som vi faktiskt har år 2003. Den är:

G eller VG: 28 %

IG: 41 %

(svarsbortfall: 31 %)

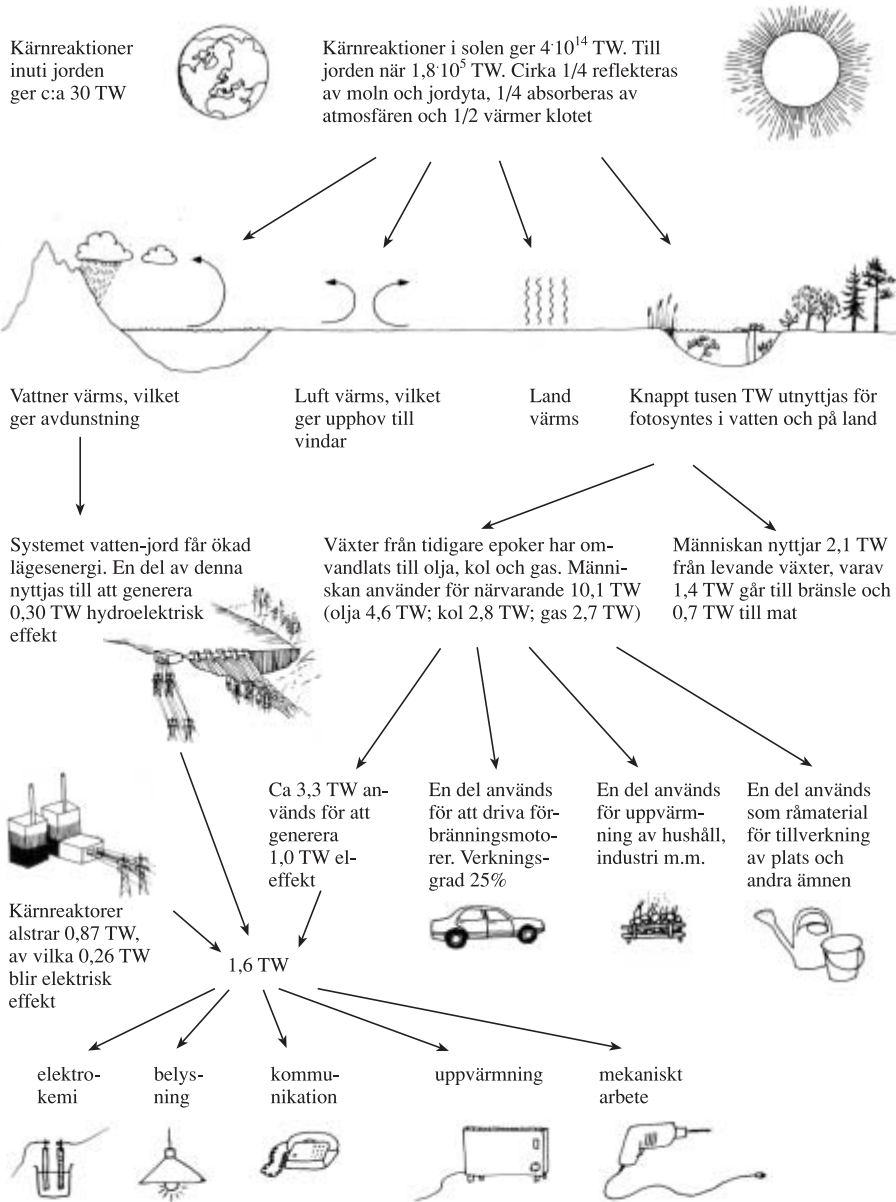
Andelen G eller VG svar kommer att öka med $(28 \times 12) : 69 = 4,5$ procentenheter; andelen icke acceptabla med $(41 \times 11) : 69 = 6,5$ procentenheter.

Liksom i förra exemplet ökar andelen G eller VG-svar, men av samma skäl som tidigare är antalet procentenheter för högt. En försiktig reduktion med någon procentenhet kan vara motiverad. I så fall kan vi säga att eleverna 2003 är något underskattade med cirka tre procentenheter.

Att procenttalen för ”G eller VG-svar” kanske är för låga med några enheter på vissa öppna uppgifter påverkar inte de slutsatser vi dragit om skillnader mellan 1992/95 och 2003. Dels kvarstår skillnader mellan dessa provtillfällen även om man gör korrigeringar med några procentenheter, dels ingår i underlaget många valuppgifter, för vilka bortfallen är relativt små och ganska lika 1992/95 och 2003.

Ej heller påverkas slutsatser om måluppfyllelse för år 2003. I dessa fall skulle en ökning av andelen G eller VG-svar med exempelvis tio procentenheter inte förändra bilden av att målen inte uppfylls på ett tillfredsställande sätt. Till detta kan läggas att den grupp elever som inte deltagit i provet (frånvarobortfall) har lägre betyg än den grupp som deltar. Eftersom det finns ett signifikant samband mellan provresultat och betyg kan vi säga att om de hade besvarat proven, så skulle andelen ”acceptabelt svar” vara något lägre än de procenttal som vi redovisar.

Bilaga 3. Energiflödet på jorden – ett exempel på ett orienteringsmönster



Referenser

- American Association for Advancement of Science. (2000). Atlas of Science Literacy. Project 2061. Washington D.C.: AAAS Press.
- Andersson, B. (2001). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap*. Stockholm: Skolverket.
- Andersson, B., & Bach, F. (1996). Developing new teaching sequences in science: The example of "gases and their properties". In G. Welford, J. Osborne & P. Scott (Eds.), *Research in science education in Europe: current issues and themes* (pp. 7–21). London: The Falmer Press.
- Andersson, B., & Bach, F. (in press). On designing and evaluating teaching sequences taking geometrical optics as an example. *Science Education*.
- Andersson, B., Bach, F., & Zetterqvist, A. (1996). *Nationell utvärdering 95 – åk 9. Energi i natur och samhälle* (NA-SPEKTRUM, nr 17). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Emanuelsson, J., & Zetterqvist, A. (1993). *Nationell utvärdering – åk 9. Vad kan eleverna om materia?* (NA-SPEKTRUM, nr 5). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., Kärrqvist, C., Löfstedt, A., Oscarsson, V., & Wallin, A. (1999). *Nationell utvärdering 98 – tema "Tillståndet i världen"* (NA-SPEKTRUM, nr 21). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för pedagogik och didaktik.
- Bateson, G. (1972). *Steps to an ecology of mind* (sid 22). New York: Ballantine Books.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139–48.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. C. (Eds.). (2000). *How people learn. Brain, mind, experience, and school*. Washington, D. C.: National Academy Press.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178.
- de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1985a). A new road to reactions, part 1. *Journal of Chemical Education*, 62, 238–240.

- Falkenmark, M. (1995). Vattnets kretslopp – bortglömd nyckel till miljöproblemen, *Det evigt vandrande vattnet. Naturvetenskapliga forskningsrådets årsbok 1995*. Uppsala: Swedish Science Press.
- Högskoleverket. (2004). *Lärarstudenters val av inriktning. Redovisning av en enkätstudie bland studenter på den nya lärarutbildningen* (Högskoleverkets rapportserie 2004:19R). Stockholm: Högskoleverket.
- Ingelstam, L. (1988). *Snuttifiering – helhetssyn – förståelse*. Lund: Studentlitteratur.
- Karplus, R. (1965). *Theoretical background of the Science Curriculum Improvement Study*. Berkeley: Lawrence Hall of Science.
- Kattmann, U., Duit, R., & Gropengießer, H. (1998). The model of educational reconstruction. Bringing together issues of scientific clarification and students' conceptions. In H. Bayrhuber & F. Brinkman (Eds.), *What – Why – How? Research in Didaktik of Biology* (pp. 253–262). Proceedings of the First Conference of European Researchers in Didaktik of Biology (ERIDOB), Kiel: IPN.
- Kelly, A. (2003). Theme issue: The role of design in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), pp. 3–4.
- Kärrqvist, C., & West, E. (2005). *Nationell utvärdering av grundskolan 2003. Grundskoleelevers färdigheter i problemlösning*. Stockholm: Skolverket.
- Lager-Nyqvist, L. (2003). Att göra det man kan – en longitudinell studie av hur sju lärarstudenter utvecklar undervisning och formar sin lärarroll i naturvetenskap. *Göteborg studies in educational sciences 195*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Lijnse, P. (1995) "Developmental research" as a way to an empirically based "didactical structure" of science. *Science Education*, 79(2), 189–199.
- Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching- learning sequences. Aims and tools for science education. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515–535.
- National Research Council. (2002). *Scientific research in education*. Washington, DC: National Academy Press.
- Regeringen. (2000). *Regeringens proposition 1999/2000:135: En förnyad lärarutbildning*. Stockholm: Riksdagen.

Shollum, B. (1982). Reactions. In R. Osborne, P. Freyberg, & R. Tasker (Eds.), *Toward changing children's ideas: Selected working papers from the action-research phase*. (Section 9). Learning in Science Project, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.

Sjöberg, S. (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.

Skolverket. (2001). *Miljöundervisning och utbildning för hållbar utveckling i svensk skola*. Stockholm: Skolverket.

Stiegler, J.W. & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap. Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom*. New York: The Free Press.

Stokes, D. E. (1997). *Pasteur's quadrant. Basic science and technological innovation*. Washington, D.C.: Brookings Institution Press.

Tengström, E. (1987). *Myten om informationsambället*. Stockholm: Rabén & Sjögren.

Wallin, A. (2004). Evolutionsteorin i klassrummet. På väg mot en ämnesdidaktisk teori för undervisning i biologisk evolution. *Göteborg studies in educational sciences 212*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

West, E. (2003). *Var är vi? Utvärdering av NO i skolår 5*. (20-poängsuppsats i påbyggnadsutbildningen) Mölndal: Enheten för ämnesdidaktik, Inst. för pedagogik och didaktik, Göteborgs universitet.

Zetterqvist, A. (2003). Ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi. En intervjuundersökning med no/biologilärare. *Göteborg studies in educational sciences, 197*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

I denna ämnesrapport inom ramen för Skolverkets nationella utvärdering av grundskolan 2003 (NU-03), redovisas en fördjupad analys av resultaten i naturorienterande ämnen.

Rapporten är framtagen vid Enheten för ämnesdidaktik vid Göteborgs universitet, som på Skolverkets uppdrag har genomfört utvärderingen av naturorienterande ämnen. De forskare som genomfört studien svarar självständigt för innehållet och de ställningstaganden som redovisas i denna ämnesrapport.

Skolverket

www.skolverket.se