Så tänker våra elever

BMN och EKNA är två forskningsprojekt som är värda ett närmare studium. BMN bedrevs åren 1975/79 vid pedagogiska institutionen, Göteborgs universitet. Dess verksamhet förs vidare inom FMN åren 1979/82. EKNA bedrivs åren 1977/81 vid institutionen för praktisk pedagogik, Göteborgs universitet. BMN och FMN står för Begreppsbildning resp Funktionsbegreppet inom Matematik och NAturvetenskapliga ämnen. Vetenskapliga ledare för projekten är Leif Lybeck och Ference Marton. EKNA är en förkortning för Elevtänkande och Kurskrav i Naturvetenskaplig undervisning. Vetenskaplig ledare för projektet är Björn Andersson. De två första projekten berör framför allt gymnasieskolan och det senare högstadiet. Projekten presenterades vid Matematikbiennalen i januari 1980. Den här artikeln är till stora delar sammansatt av informationsmaterial från projekten.

BMN-projektet

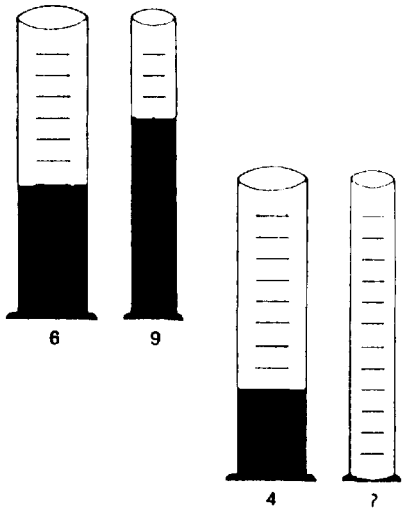
I BMN-projektet studeras innehållet i elevernas föreställningar och tankar genom intervjuer enskilt och fortlöpande dialoger vid undervisningen under hela läsåret. Vid samtalen med läraren eller den ämnesmetodiska forskaren (den senare uppträder ibland som passiv och ibland som aktiv observatör vid datainsamlingen) reflekterar eleverna över undervisningen, över hur kunskap kommer till och hur begrepp bildas. Eleverna redovisar vid de inspelade dialogerna kvalitativt skilda uppfattningar av och olika tankeformer kring centrala begrepp som proportionalitet, densitet, kraft, friktionskraft, tryck, hastighet, acceleration, system, delsystem och växelverkan samt begrepp som problem, hypotes, instrument, data, modell, teori etc.

Ett delresultat av grundläggande betydelse har erhållits vid studier av gymnasieelevernas (N- och T-linjerna, åk 1) proportions- och proportionalitetstänkande.

Vid intervjuerna användes bl a följande uppgift, den s k mätglasuppgiften.

Beskrivning av utgångsläge:

Två lika graderade mätglas används. Det breda röret fylls till delstreck 6 med vatten som figuren visar. När vattnet hälls över till det smala röret så går det upp till delstreck 9.



Fråga 1. "Om jag nu tar och häller upp till 4 i det breda röret, hur högt skulle det då komma i det smala röret om det är tomt?"

Fråga 2. "Om jag häller upp till 9 i det breda röret och sedan häller över vattnet i det tomma smala röret, hur högt skulle det komma då?"

Elevernas tankevärld kännetecknas av en stor rikedom av kvalitativt skilda uppfattningar eller tankeformer. Eleverna gav i allmänhet svaren med ord, dvs att de sällan använde sig av ekvationer. Exempel på svar från en elev (E) i åk 1 på N-linjen:

Lärare: Till 6. Hur räknar du ut det?

Elev: Ja, den stod väl på 6 förut, tyckte jag.

L: Ja.

E: Nu har det minskat med 2. Det är ju 1/3 av 6. Och 1/3 av 9 som det var då, det är ju, eller 2/3 blir det, det är ju 6.

L: Jaha du. Du kanske vill ha penna?

E: Nää, jag kan skriva det här, det är...

L: Ja.

E: Eh. 6 minus 4, det är ju 2.

L: Ja.

E: 2 genom 6 är lika med 1/3 och 9, ja, 1/3 gånger 9, det är ju 3 då. Då tar man minus 9, nej, 9 minus 3—6.

$$\overset{T}{6} - \overset{T}{4} = \overset{T}{2}$$

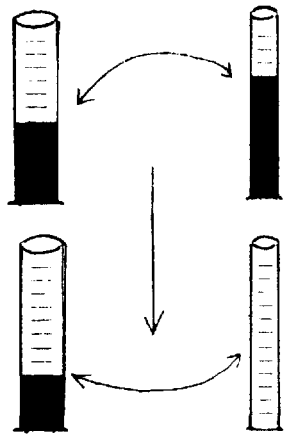
$$\frac{2}{6} = \frac{1}{3}; \frac{1}{3} \cdot \overset{S}{9} = 3$$

$$\overset{S}{9} - \overset{S}{3} - 6$$

'T för tjocka mätglaset'

'S för smala'

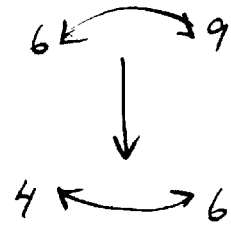
Elevsvaren kan beskrivas med ett *två-dimensionellt kategorischema.* Den ena dimensionen svarar mot uppgiftens *funktionsaspekt* och står för en 'tankeinriktning' där eleven antingen tänker i *en relation mellan två relevanta variabler, mellanvariabeltänkare,* A (se fig), eller tänker i *en relation mellan enskilda värden inom en variabel i taget,* inomvariabeltänkare, B (se fig).

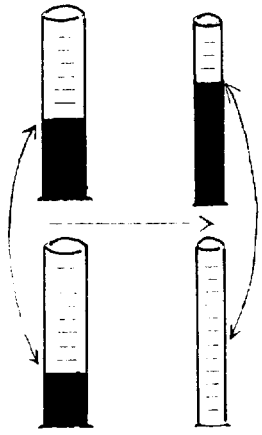


1 Relationen mellan höjderna för den första volymen kvantifieras.

2 Samma relation utnyttjas *för nästa volym.*

Symboliskt kan vi framställa kategori A så här:

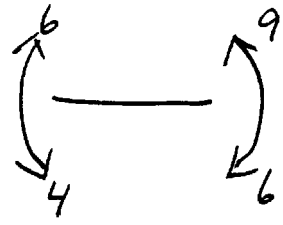




1 Relationen mellan höjderna i det första mätglaset kvantifieras.

2 Samma relation utnyttjas *för det andra mätglaset.*

Symboliskt kan vi framställa kategori B så här:



Den andra dimensionen beskriver elevernas uppfattning av uppgiftens kvantifiering — direkt proportion, proportionell ökning eller minskning, absolut ökning, minskning eller differens. Elevernas svar kan tolkas med algebran i de flesta fall.

Funktionsaspektens ena form (A) för till det generaliserbara funktionssambandet $y = k \cdot x$, där k bestäms utifrån beskrivningen av utgångsläget. Funktionsaspektens andra form (B) leder till den algebraiska formen $y = k \cdot x$, *men* här är både 'k' och y obekanta. (Elevsvaret på föregående sida hör till B-formen och den algebraiska tolkningen blir $x - y = 1/3 \cdot x$ resp $x - 1/3 \cdot x = y$.)

Detta är av stor betydelse vid begreppsbildningen. Det är samband i formen (A) som är fruktbara och ger enkelhet i framställningen vid begreppsbildningen i naturvetenskapliga ämnen. Det gäller även andra begrepp, t ex jämförpris.

Projektet har visat att sammanhanget och innehållet har en mycket större betydelse för elevernas tankar än man tidigare insett. Studierna förklarar vissa ämnesmetodiska problem som är kända från grundskolan, t ex de svårigheter eleverna har med divisionsuppställningar (trappan) och med olika referenser för tillväxtfaktor (procenträkning) samt ökning. Dessa och andra resultat ger allvarliga tankeställare gällande undervisningen i gymnasieskolan åk 1. Vidare har studierna över arbetssättets inverkan på inlärning en direkt betydelse för diskussionen om problemorienterad undervisning och laborativt arbetssätt.

I regeringens proposition 1978/79:180 kan vi läsa följande under 5.6.5 Matematik.

"... Vikten av anknytning till konkreta förhållanden betonas av flera, bl a konsumentverket, som anser att matematikundervisningen kan belysa vad olika betalningsformer medför för kostnader, hur mycket pengar man kan tjäna genom att använda jämförpriser..."

Jämförpris är enligt konsumentverkets egen definition (i informationsmaterial) ett slags koncentrationsbegrepp med enheterna 1 kr/kg eller 1 kr/l. Här anges ett mål som kan preciseras med det allmänna funktionssambandet $\frac{y}{x} = k$, där y är priset och x är varans vikt eller volym. För inomvariabeltänkaren (B) är detta något som är svårt att förstå. Vi bör här vara särskilt uppmärksamma på att läromedel för allmän kurs i matematik använder inomvariabeltänkandet som grund för den metodiska uppläggningen. I den särskilda kursen gör man även så, men man övergår snabbt till ett mellanvariabeltänkande (A) vid den metodiska uppläggningen.

Den metodik som bygger på inomvariabeltänkandet riskerar att föra en del elever in i återvändsgränder. Ett sådant fenomen har av Lybeck kallats för *metodisk lotsning*. Den har exemplifierats i dialoger inspelade i den verkliga undervisningen i klassrum och laborationssalar mellan lärare och elev, t ex vid densitetsundervisning på högstadiet.

Riksdagen har bifallit propositionen 1978/79:180 om bibehållande av alternativkurserna i engelska och matematik. I propositionen sägs:

"Vidgning av behörighetsreglerna så att den allmänna kursen i matematik ger eleverna behörighet till naturvetenskaplig och teknisk linje ser jag som viktig även för att positivt påverka rekryteringen till dessa linjer".

(s 55)

"Den vidgade behörigheten fordrar att läroplansanvisningarna och läroböckerna i matematik i allmän kurs ses över. Vissa moment som nu enbart finns i läromedel för särskild kurs kan behöva tillföras allmän kurs".

(s 56)

Med de ökade krav som nu ställs på undervisningen vid övergången mellan grundskola och gymnasieskola har BMN- projektets studier bidragit med en del synpunkter som berör såväl baskunskapsbegreppet (basfärdighetsbegreppet) samt arbetssättet. Det viktigaste resultatet är att *elevernas tankeinnehåll* mera medvetet bör göras *till ett undervisningsinnehåll.*

Inom BMN- och FMN-projekten sker även en ämnesmetodisk teoribildning i stark växelverkan med de experimentella studierna, allt i nära samarbete med lärare och elever.

Upplysningar om BMN- och FMN-projekten

Den stencil med beskrivning och förteckning av rapporter och artiklar som utdelades till Matematikbiennalens deltagare kan erhållas från projektledaren, Leif Lybeck, 031-87 80 00-251, eller sekreteraren, 031-87 80 00-169, pedagogiska institutionen, Göteborgs Universitet, Box 1010, S-431 26 Mölndal.

EKNA-projektet

Utgångspunkter

Utgångspunkten för EKNA-gruppens arbete är en grundsyn, som hämtats bl a från Jean Piaget's arbeten. Man tänker sig individen som aktiv och kunskapssökande. Genom eget tänkande och handlande konstruerar han eller hon sin uppfattning av omvärlden. Piaget's arbeten visar också, med en överväldigande detaljrikedom, hur den unges begrepp och sätt att tänka markant skiljer sig från den vuxnes. Detta faktum har vi som lärare ännu inte levt oss in i när det gäller fysik- och kemiundervisningen. Men för att kunna hjälpa eleven måste vi ta reda på var han eller hon står. Det gäller därför att få eleven att uttrycka sina tankar i ord och handling, utan rädsla för att göra bort sig. Det är fråga om att som elev känna, att läraren verkligen bryr sig om hur och vad man tänker, även om det inte är helt rätt.

Sammanfattningsvis: Under cirka två decennier har högstadieelever lagt ner lång tid och mycken möda på att försöka förstå hur lärare i fysik och kemi tänker. Det är nu dags att vi lägger ner två decenniers arbete på att komma underfund med hur *eleven* tänker.

Vetenskaplig bakgrund

I naturvetenskapligt tänkande kan man särskilja en *formaspekt* och en *innehållsaspekt.* Vanliga *former* av tänkande, applicerbara på många olika innehåll, är t ex kontrollexperiment, proportionalitet och modelltänkande. Exempel på *innehållsliga* föreställningar är att ljus utbreder sig rätlinjigt, att elektrisk ström är laddningar i rörelse, att värme är molekyler i rörelse.

Eftersom formaspekten av naturvetenskapligt tänkande är relativt väl undersökt, har EKNA-gruppen valt att koncentrera sig på innehållsaspekten. Gruppen väljer helt enkelt ut avsnitt av högstadiekursens innehåll och studerar elevernas föreställningar inom dessa avsnitt. Huvudmetoden är att presentera problem för eleven, be om en lösning, samt en förklaring av hur han eller hon tänkte. Detta sker muntligt (enskilda intervjuer) eller skriftligt (papper- och pennatest i halvklass). Problemen ställs med hjälp av konkret experimentmaterial.

Problem

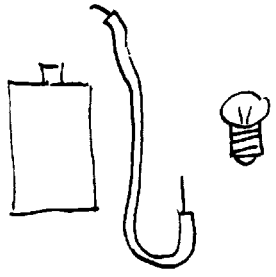
EKNA-projektet arbetar med två huvudproblem.

"Vilka föreställningar om fysikaliska och kemiska fenomen, centrala för högstadiekurser, uppvisar grundskoleelever?"

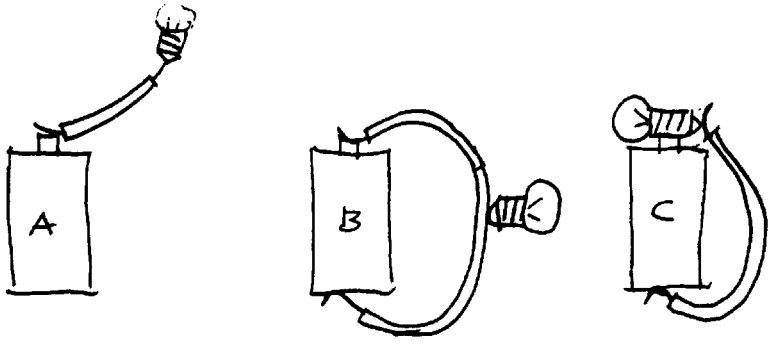
Vilka konsekvenser har gjorda beskrivningar av elevernas föreställningar och tänkesätt för nuvarande undervisningspraxis?

Några exempel på resultat:
Första exemplet är från en undersökning om elektriska kretsar.

Det gäller att koppla ihop ett runt 1,5 voltsbatteri, en glödlampa och en isolerad koppartråd så att lampan lyser. Jämför figur 1.



Figur 1: Hur skall man få lampan att lysa?



Figur 2: Exempel på försök att få lampan att lysa.

De vanligaste första lösningsförslagen är A och B i figur 2. Kommentarer som "lampan är trasig" eller "det är ett gammalt batteri" brukar höras.

För att få reda på hur pass vanliga dessa olika uppfattningar är, har vi låtit 550 elever i åk 6 t o m 9 förutsäga om olika kopplingar av ett runt batteri, en koppartråd och en lampa leder till att lampan lyser eller ej. Tre av dessa kopplingar har varit just A, B och C i figur 2. Det visar sig, att cirka 60% av eleverna i åk 6, 50% i åk 7, 40% i åk 8 och 30% i åk 9 behandlar det runda 1,5 voltsbatteriet enligt A. Cirka 80% av eleverna i respektive årskurs behandlar lampan enligt A eller B. Endast 20% av eleverna i varje årskurs väljer alt C.

Följande exempel är hämtat från undersökningen om kokning inom området temperatur och värme.

Gruppen har undersökt i vilken utsträckning 450 elever i åk 6, 7, 8 och 9 förstår att kokpunkten på vatten är oberoende av mängden vatten, den tid vattnet kokat och tillförd energi per tidsenhet. Testuppgiften för den sist nämnda variabeln får tjäna som exempel:

En kastrull med vatten står på en kokplatta, som sätts på trean. Efter fem minuter börjar vattnet koka. Termometern visar då + 100°C. Plattan sätts då på sexan, den högsta värmen. Vad händer med termometern efter det att plattan satts på sexan? Kryssa för det rätta.

☐ termometern börjar sjunka under + 100°C

☐ termometern håller sig kvar på + 100°C

☐ termometern börjar stiga över + 100°C

Förklara hur du tänkte!

Över 50% av högstadieeleverna, som alla fått undervisning om kokpunkt och kokning, menar att plattans inställning bestämmer temperaturen på det kokande vattnet. Här är två elevsvar:

— Kastrullen stod på 3:an, och 3 är hälften av 6. På 3:an är temperaturen + 100°C efter 5 minuter. Alltså måste det bli ungefär dubbelt så mycket på 6.

— Om man höjer dubbelt blir det naturligtvis varmare, varför finns det annars olika siffror på knappen.

Fysikläromedlen på högstadiet tar för givet att de undersökta variablerna, som kokpunkten *inte* beror av, är förstådda av eleverna. I varje fall diskuteras de inte i läroböckerna.

Skriftserien "ELEVPERSPEKTIV"

EKNA-gruppen utger skriftserien "ELEVPERSPEKTIV". Publikationerna i denna har karaktären av arbetsrapporter. Det är gruppens förhoppning att de skall leda till en både kritisk och skapande debatt om hur naturvetenskaplig undervisning bör förbättras.

Följande nummer av ELEVPERSPEKTIV har hittills utkommit:

1 *Varför elevperspektiv? EKNA-projektets bakgrund, problem och filosofi.* (15 s)

2 *Elektriska kretsar.* (86 s)
Uppgifterna i denna rapport kan direkt användas av läraren i undervisningen. Mot bakgrund av elevernas svar på undersökningens uppgifter analyseras befintliga högstadieläromedel. Dessa går i allmänhet alltför snabbt in på alltför abstrakta resonemang. Eleverna tappar därför tråden i ellära från första början.

3 *Temperatur och värme: Kokning.* (38 s)
I undersökningen ingår 25 intervjuer om kokning. De flesta intervjuade anser att kokbubblorna innehåller luft eller syre. En konsekvens härav är att kokningen slutar när luften i vattnet tagit slut.

4 *Temperatur och värme: Smältning.* (399 s)

Testuppgifterna lämpar sig väl som undervisningsproblem. Elevsvaren rymmer en rikedom av undervisningsmöjligheter.

Pågående undersökningar

För närvarande pågår två undersökningar inom EKNA-projektet.

Den första gäller högstadieelevers föreställningar om *ljus och seende.*

Den andra undersökningen har arbetsnamnet *"oxidation av stålull".*

Skriftserien "ELEVPERSPEKTIV" kan beställas från projektledaren Björn Andersson, Institutionen för praktisk pedagogik, Göteborgs Universitet, Box 1010, 431 26 Mölndal, till tryckkostnadspris (ca 10:- per rapport).