

Karaktärsdrag för naturvetenskapliga arbetssätt

Marcus Angelin, Vetenskapens Hus, Jakob Gyllenpalm och Per-Olof Wickman,
Stockholms universitet

Naturvetenskapliga arbetssätt och naturvetenskapens karaktär brukar kallas för ”scientific inquiry” och ”nature of science” i den internationella ämnesdidaktiska litteraturen. Dessa breda kategorier av kunskapsmål har lätt en tendens att blandas ihop. Naturvetenskapens karaktär syftar på det som skiljer naturvetenskaperna från andra discipliner så som historia eller religion och beskriver de karaktärsdrag som naturvetenskaplig kunskap har som en följd av de processer som leder fram till kunskapen. Naturvetenskapliga arbetssätt är de olika processer och metoder som forskare är involverade i för att generera ny kunskap om naturen samt hur den kunskapen blir accepterad. Kunskaper om naturvetenskapen karaktär bygger på forskning i vetenskapshistoria, vetenskapsfilosofi och vetenskapssociologi. När det gäller naturvetenskapliga arbetssätt är det lätt att tänka att skolans undervisning ska syfta till att eleverna utvecklar vissa förmågor som har med vetenskapligt undersökande att göra. Det stämmer, men det är samtidigt viktigt att eleverna lär sig något *om* naturvetenskapliga arbetssätt, både för att det stödjer en utveckling av förmågorna och för att det är ett viktigt kunskapsområde i sig självt.

Didaktisk forskning har visat att elever inte lär sig *om* naturvetenskapliga arbetssätt eller naturvetenskapernas karaktär utan explicit hjälp av lärare. Det har ofta antagits att elever lär sig om naturvetenskapliga arbetssätt genom att göra laborationer, men det finns lite evidens för det. Inte ens när det gäller förmågor förknippade med vetenskapligt undersökande kan vi säkert säga att eleverna lär sig det från vanliga laborationer. För att elever ska ha en chans att ta till sig dessa kunskapsområden är det därför viktigt att du som lärare explicit lyfter fram det som ett *begreppsligt* kunskapsinnehåll *på samma sätt* som andra områden inom ditt ämne. I fysik innebär det att kunskaper om naturvetenskapliga arbetssätt som det kontrollerade experimentet behandlas och utvärderas som ett begreppsligt innehåll på samma sätt som krafter eller elektriska fält.

En utmaning är att det idag saknas en tydlig tradition i skolan (och på många naturvetenskapliga universitetsutbildningar) för att undervisa om naturvetenskapliga arbetssätt och naturvetenskapernas karaktär. Det behandlas ofta översiktligt i läromedel och får inte alls det utrymme som ämnesplanerna ger det i förhållande till övrigt innehåll. Fysikens karaktär och arbetssätt utgör 8 av 27 punkter i det centrala innehållet för Fysik 1 (nästan 30%) och återkommer dessutom, till skillnad från andra delar, på ett fördjupat sätt i Fysik 2, vilket knappast motsvaras av något vanligt förekommande läromedel i fysik för gymnasiet. Liknande situation gäller för ämnena kemi och biologi. På samma sätt som det traditionella innehållet i kurser i naturvetenskapliga ämnen är en delmängd av en större mängd som kan kallas naturvetenskap, behöver vi ett urval av kunskaper om och i

naturvetenskapernas arbetssätt och naturvetenskapernas karaktär som lämpar sig i skolan. Detta kan göras på många olika sätt och det råder inte enighet om vad som bör utgöra ett sådant urval av kunskaper för skolan. Didaktisk forskning har dock arbetat fram olika modeller för att sammanfatta sådana kunskaper som både är relevanta och möjliga för elever att lära sig och som det råder stor enighet om bland forskare i vetenskapshistoria, vetenskapsfilosofi och vetenskapssociologi. Här behandlar vi en didaktisk modell som beskriver olika karaktärsdrag för naturvetenskapliga *arbetssätt*. Modellen hjälper dig att välja innehåll och att bedöma elevernas kunskaper i området naturvetenskapliga arbetssätt. En didaktisk modell som behandlar karaktärsdrag för naturvetenskaplig *kunskap* presenteras i del 4.

Lederman *et al.* (2014) har sammanfattat och i undervisning testat kunskaper om naturvetenskapliga arbetssätt som både är relevanta och möjliga för elever i grundskolan och gymnasiet att lära sig i form av åtta påståenden om naturvetenskapliga arbetssätt. Det är dock viktigt att poängtera att dessa inte bör ses som en utantillläxa för eleverna att lära sig (även om det kan vara det också), utan i första hand som en modell för att organisera och utvärdera undervisning. Eleverna behöver få många tillfällen för att erfara och diskutera dessa karaktärsdrag för naturvetenskapliga arbetssätt och där är lärarens hjälp viktig för att guida eleverna till att uppmärksamma olika aspekter av de undersökningar de gör eller läser om i kursen. Nedan följer en kort presentation och förklaring av dessa åtta påståenden:

1. Vetenskapliga undersökningar börjar alltid med en fråga, men testar inte alltid en hypotes

Det är rimligt att tänka sig att vetenskapliga undersökningar utgår från ett intresse som kanske har väckts av någon typ av observation. Samtidigt är det viktigt att skilja vetenskapliga undersökningar från att bara och observera olika företeelser – att sitta på ett kafé och observera intressanta människor är inte vetenskaplig forskning. För att elever ska kunna formulera naturvetenskapliga frågeställningar krävs specifik kunskap som utkristalliserats till någon form av intresseväckande mönster eller fråga att gräva djupare i. Det är så vetenskaplig forskning fungerar och att bara observera sin omvärld, hur viktigt det än kan vara, är inte vetenskap utan något som ger struktur och syfte till observationerna. Det som ger den strukturen och som ligger till grund för alla typer av vetenskapliga undersökningar är just välgrundade och genomtänkta frågeställningar. Till skillnad från vad som ofta lärs ut i skolan utgår långt ifrån alla naturvetenskapliga undersökningar från en hypotes. Även i de fall då en hypotes (som en möjlig förklaring eller ett samband, inte en förutsägelse eller gissning om vad som kommer hända) testas i ett kontrollerat experiment, kan den härledas till en fråga om hur naturen fungerar i något avseende. I alla naturvetenskapliga ämnen på gymnasiet ska elever lära sig om vad som kännetecknar en naturvetenskaplig frågeställning i just det ämnet. En central aspekt av vad som kännetecknar en sådan är, förutom dess innehåll, just dess funktion och form i olika typer av naturvetenskapliga undersökningar. För att lära sig detta behöver elever se många exempel på naturvetenskapliga frågeställningar och de undersökningar de leder till, samt få öva på att själva formulera naturvetenskapliga frågeställningar. Det är också ofta möjligt för

elever att formulera undersökningsbara frågeställningar i naturvetenskapliga ämnen, men mycket svårare att formulera en naturvetenskaplig hypotes som dessutom går att testa.

2. Det finns inte en sekvens av steg som följs i alla vetenskapliga undersökningar, det finns inte EN vetenskaplig metod

I skolan används det kontrollerade experimentet som undersökningsmetod kanske mer än någon annan, vilket i kombination med receptformatet på laborationer tenderar att reproducera skolmyten om ”den vetenskapliga metoden” som en enkel linjär algoritm som alla forskare följer. Autentisk forskning kan dock aldrig följa någon enkel stegvis sekvens, utan innebär alltid en komplex process där metoder, analyser, frågeställningar, hypoteser och del-tester utvecklas tillsammans i en dynamisk helhet. Ämnesdidaktikern Derek Hodson (1996) har beskrivit det på följande sätt:

... almost every move that a scientist makes during an inquiry changes the situation in some way, so that the next decisions and moves are made in an altered context. Consequently, doing science is a holistic and fluid activity, not a matter of following a set of rules that requires particular behaviors at particular stages. Science is an organic, dynamic, interactive activity, a constant interplay of thought and action. As it proceeds, the whole is continuously evaluated, re-planned and re-directed. (p.17)

Dessutom är det långt ifrån alla naturvetenskapliga undersökningar som utgår från det kontrollerade experimentet som metod. I astronomi och hjärnforskning är kontrollerade experiment ofta omöjliga eller oetiska vilket gör att man fokuserar på observationer som i astronomi, eller kvasi-experiment i hjärnforskning. I biologi och kemi ser man också ofta rent beskrivande studier eller studier av korrelationer, som ibland kan leda till mer experimentella undersökningar men inte alltid. Elever behöver förstå att naturvetenskapliga arbetssätt kan vara många olika saker och att en viktig del av forskning är att utveckla nya metoder och sätt att undersöka naturen på, ett arbete som i högsta grad är *kreativt*, i motsats till vad myten om ”den vetenskapliga metoden” antyder. För lärare är det också viktigt att reflektera över vad man menar med ”arbetssätt” då det är lätt att blanda ihop *undervisningsmetoder* med *undersökningsmetoder* i skolan (se Del 2 om ”pivot terms”).

3. Undersökningsmetoder styrs av forskningsfrågorna

Även om forskare använder olika metoder, ibland för att försöka svara på samma frågeställning, måste metoderna vara sådana att det gör det möjligt att svara på en given fråga. De processer som antyds av ”den vetenskapliga metoden” är inte lämpliga för att svara på alla typer av naturvetenskapliga frågeställningar som nämnts ovan. Eleverna behöver förstå att det är nödvändigt att linjera metoderna med de frågor man ställer och att det i slutändan är frågorna som avgör metoderna. I praktiken begränsas dock forskare av att dyr apparatur ofta gör det möjligt att bara ställa en viss typ av frågor, men det illustrerar samtidigt hur pass nära knutna dessa är till metoden. Genom att både se exempel på naturvetenskapliga frågeställningar och olika metoder som de leder till samt att själva få öva

sig att formulera frågeställningar och planera undersökningar utifrån dessa, kan eleverna lära sig om denna aspekt av naturvetenskapliga arbetssätt. Det är viktigt att elever får en förståelse för den logiska kopplingen mellan undersökningsmetoder, den insamlade datan, och de slutsatser man kan dra.

4. Samma metoder behöver inte ge samma slutsatser

Data som genereras i vetenskapliga studier måste tolkas utifrån teorier, modeller och tidigare kunskap i en process som även kräver kreativitet och uppfinningsrikedom, vad man betraktar som evidens och hur man till exempel förhåller sig till anomalier i data. Det betyder att forskare kan tolka samma data på olika sätt och på så sätt nå olika slutsatser, vilket är en legitim del av vetenskapen som process. Det är inte alltid det finns ett "rätt" sätt att göra dessa bedömningar på och ibland kan olika perspektiv komplettera varandra. Vetenskapshistorien är full av exempel där samma data har tolkats på olika sätt. Ibland har det lett till genombrott när forskare sett nya mönster i ett empiriskt material som ingen annan kunde se, vilket även illustrerar ett centralt karaktärsdrag hos naturvetenskaplig kunskap, nämligen att det färgas av mänsklig kreativitet. All datainsamling innebär också ett urval av data. Om man till exempel vill ta reda på hur mycket det regnar på en viss plats, måste man mäta det under en viss tidsperiod. Av rena slumpskäl blir resultatet olika även om metoderna för insamling är identiska. Elever behöver få insikt i att data inte talar för sig själv utan att forskare måste tolka den och göra det utifrån olika perspektiv och kunskaper, vilket kan leda till att man drar olika slutsatser.

5. Undersökningsmetoderna kan påverka resultaten

De metoder och processer som forskare använder sig av påverkar resultaten av deras undersökningar. Hur man identifierar och isolerar variabler, samlar in data, hur variabler uppmäts samt metoder för databearbetning och analys påverkar de slutsatser forskare kommer fram till. Elever behöver förstå att hur de genomför undersökningar och samlar in data påverkar de slutsatser som blir möjliga att dra. I vetenskapens utveckling har ofta nya teknologier gjort det möjligt att förändra, förbättra och utveckla nya metoder som kan generera nya former av data och leda till nya slutsatser. Ett exempel är atom- och kärnfysiken vid 1900-talets början där nya metoder gradvis utvecklades som tillät mer och mer avancerade modeller av atomen och kärnan att provas mot empirisk evidens.

6. Slutsatser måste vara i linje med insamlad data

Ett viktigt karaktärsdrag hos naturvetenskaplig kunskap är att den är empiriskt grundad. Det betyder att slutsatser från undersökningar måste bygga på evidens från insamlad data. Elever behöver förstå att styrkan hos ett vetenskapligt påstående är en funktion av hur starka de evidensen är som stödjer påståendet. En risk med de vanliga receptlaborationerna i skolan är att elever antingen uppfattar dem som ett direkt bevis på den teori de är tänkta att illustrera eller att de bortförklarar resultat som avviker från det förväntade med mycket svepande argument om "felkällor". Detta gör det svårt att få syn på hur forskare argumenterar utifrån sin metod, tolkning och olika antaganden för att underbygga sina slutsatser samt det intellektuella arbete och den kreativitet som detta involverar. I autentisk

forskning finns inte rätt svar längst bak i boken och elever behöver bli medvetna om detta och vad det innebär för hur man kan betrakta naturvetenskapliga arbetssätt. Ett sätt att avmystifiera det lika vanliga som kryptiska uttrycket att ”dra en slutsats” är just att explicit visa på kopplingen mellan ett svar på en frågeställning och hur det svaret kan motiveras av insamlad data.

7. Empirisk data är inte samma sak som evidens

Empirisk data och evidens har olika funktioner i vetenskapliga undersökningar. Data är observationer som samlas in under undersökningar och kan vara av olika typ (siffror, beskrivningar, fotografier, ljud, specimen etc.). Evidens är, till skillnad från data, en produkt av dataanalys och efterföljande tolkningar direkt knutna till en specifik frågeställning och relaterade svar till denna. Observationer av Mars bana kring solen är i sig själva bara data. När dessa används i ett sammanhang för att avgöra validiteten hos den allmänna relativitetsteorin, kan de utgöra evidens som stödjer eller inte stödjer vissa påståenden. Det är viktigt att elever förstår skillnaden mellan data och evidens och kan beskriva hur tolkningar av data som leder till evidens är en möjlig källa till snedvridningar (*bias*) av resultat. Det hänger samman med att kunna skilja mellan observationer och slutledningar som vi tar upp under naturvetenskapens karaktär.

8. Förklaringar utvecklas utifrån en kombination av insamlad data och det som redan är känt

Vetenskapliga undersökningar utgår från det som redan är känt och eventuella nya slutsatser som kan dras bygger både på empirisk data, tidigare studier inom området samt accepterade vetenskapliga modeller och fakta. När till exempel paleontologer hittar nya dinosaurieskelett är dessa aldrig i perfekt skick. Forskarna måste använda vad de redan vet om skelett tillsammans med den nya datan som en utgrävning genererar för att rekonstruera skelettet. Samtidigt måste de vara vaksamma på möjligheten att dessa kan motsäga redan etablerad kunskap. Elever behöver få insikt i hur förklaringar genereras i vetenskapliga praktiker, vilket ofta blir otydligt i enklare undersökningar där en slutsats till synes kan dras direkt från den undersökning eleverna genomför. Det döljs dock ofta av det faktum att skollaborationers utformning redan utgår från och bygger på just de fakta som de är tänkta att illustrera, vilket gör det svårare att lyfta kunskaper om naturvetenskapliga arbetssätt som ett explicit kunskapsinnehåll för eleverna.

Referenser

Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: Three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 115-135.

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful Assessment of Learners' Understandings about Scientific Inquiry - The Views about Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65-83.