

Naturvetenskapliga kunskapsintressen

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

Oberoende av om naturvetenskapliga forskare är astronomer, biologer, geovetare, fysiker, kemister eller något annat, kan de ha tre grundläggande intressen. De kan vara intresserade av:

1. Att beskriva och benämna observationer
2. Att förutsäga nya observationer ur redan gjorda observationer
3. Att förklara något som observerats

Alla tre kunskapsintressena är nära beroende av varandra, lika viktiga och lika nödvändiga i forskarnas kunskapssökande. Forskning börjar ofta i att *beskriva och benämna* det som är intressant att observera inom ett visst forskningsfält. Forskarna söker sedan också samband mellan det som de beskrivit. Sådana samband gör det möjligt att *förutsäga* vad som händer i en variabel om man ändrar i en annan. Vi har mött sådan forskning i del 2 (experiment) och del 3 (simuleringar). Med tiden förstår ofta forskarna allt bättre de processer i naturen som skapar sambanden, det vill säga vad som är orsak och verkan i ett samband. De kan då också *förklara* varför det finns vissa lagbundna samband mellan det som de beskrivit i naturen. I en mogen vetenskap finns forskare med alla tre intressena parallellt. För eleverna är det viktigt att veta att dessa tre intressen finns, vad som utmärker forskning inom de olika intresseinriktningarna och hur dessa tre intressen är nära beroende av varandra. Nedan beskriver vi närmare vad dessa kunskapsintressen innebär.

Att beskriva och benämna

Forskare är tvungna att skapa en enhetlig terminologi för olika frågor och forskningsområden. Om inte terminologin är någorlunda enhetlig, blir det osäkert om olika forskare verkligen menar samma sak och det blir svårt att jämföra och sammanfatta vad man har observerat. En viktig del av vad forskare ägnar sig åt är därför att uppfinna, utveckla och testa hur bra olika sätt att beskriva olika typer av observationer är. Man kan säga att forskarna tar reda på vad världen består av och hur man bäst beskriver och benämner dessa beståndsdelar så att de blir användbara för att hitta samband mellan dem. En viktig del i denna forskning är att upptäcka nya beståndsdelar, namnge dem och att sortera dem i användbara grupper. Vartefter forskarna upptäcker nya beståndsdelar, måste de ibland ändra indelningen och terminologin.

När forskarna beskriver och benämner försöker de svara på frågorna:

- Vad är det vi har för olika beståndsdelar att ta hänsyn till inom vårt forskningsområde?
- Hur kan vi sortera dem i grupper på ett ändamålsenligt sätt?
- Vad ska vi kalla dessa beståndsdelar och grupper?
- Kan vi beskriva dem så att andra kan känna igen och använda dem?

Beståndsdelarna kan vara av två slag: kategorier eller variabler. Kategorier är beskrivningar och benämningar på diskreta (avgränsade) enheter, till exempel olika arter eller kemiska ämnen. Variabler är beskrivningar som går att kvantifiera (mäta), till exempel breddgrad, reaktionshastighet, temperatur eller artantal.

Som exempel på en viktig kategori i biologi kan *art* nämnas. Det finns till exempel idag taxonomisk forskning som ägnar sig åt att beskriva och namnge nya arter. Inom detta område finns överenskommelser om vad som krävs för att ett fynd av en organism ska räknas som en ny art och för hur man namnger och beskriver nya arter. Andra biologer namnger och beskriver beståndsdelarna i celler. Organeller är exempel på sådana kategorier. På samma sätt finns det i kemi överenskommelser om vad som är ett ämne och hur man namnger och beskriver nya ämnen. I geovetenskap spelar beskrivningen och namngivningen av bergarter och mineraler en liknande roll, liksom beskrivningen av olika typer av väderfenomen i meteorologi eller kategorier som planeter och asteroider som astronomer studerar i universum. Varje vetenskap har sina kategorier som är relevanta att studera.

Grundläggande kategorier som arter, kemiska ämnen, mineraler och himlakroppar sorteras i större grupper. Arter grupperas i släkten, familjer och så vidare. Grundämnen sorteras i olika kemiska grupper som alkalimetaller och halogener. När forskarna gör sådana grupperingar försöker de finna grupper utifrån de egenskaper som till exempel arter eller grundämnen delar. De första grupperingarna forskarna gör kan liknas vid en sortering. Med ändrade tekniker och ökade kunskaper ändras grupperingarna för att allt mer spegla det samlade vetandet. När Linné på 1700-talet först grupperade växterna i familjer, gjorde han det utifrån hur deras blommor var byggda. Numera använder man arternas alla egenskaper, inklusive DNA-sekvenser, för att gruppera dem. Idag vill man att grupperingen av arter ska spegla deras släktskap. Detta var inte möjligt för Linné som inte kände till evolutionen.

De kvantitativa variabler som man studerar inom ett visst vetenskapsområde baseras på vissa grundläggande storheter och enheter som forskarna har enats om att använda när de mäter dem. I naturvetenskap har forskarna enats om det internationella måttsystemet SI (Système International d'Unités) som är en överenskommelse om sju grundläggande storheter (längd, massa, tid, elektrisk ström, termodynamisk temperatur, ljusstyrka och materiemängd) som var och en mäts med hjälp av motsvarande grundenheter (meter, kilogram, sekund, ampere, Kelvin, candela och mol). Andra storheter som hastighet eller energi kan uttryckas med hjälp av dessa grundenheter. Forskare har med tiden kommit att

finna allt mer exakta definitioner av dessa mått för att göra mätningarna mer precisa och lättare att använda. Meter definierades ursprungligen på 1790-talet som $1/10\,000\,000$ av sträckan från ekvatorn till nordpolen. Utifrån denna definition tillverkades en rak stång av platina, den så kallade arkivmetern, där 1 meter motsvarades av avståndet mellan stångens ändar. Mätningar av jordens faktiska omkrets visade så småningom att stången var 0,2 mm kortare än $1/10\,000\,000$ av avståndet mellan ekvatorn och nordpolen. Detta föranledde tillverkningen av en ny arkivmeter. Idag är 1 meter definierad som den sträcka ljuset färdas under $1/299\,792\,458$ sekund i vakuum. Men för att definitionen ska kunna användas krävs trots allt instrument. I varje land säkerställs SI-enheterna centralt. I Sverige vilar ansvaret på SP (Statens provningsanstalt) och Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås. Metern säkerställs genom användningen av laser (<https://joelssonjacobson.se/sveriges-riksmeter/>). Forskarnas, liksom all användning av mätningar av kvantitativa variabler, utgår ifrån SI-enheterna. Den kvantitativa variabeln kemisk reaktionshastighet kan till exempel mätas i mol/s.

Ofta finns en strävan i naturvetenskaplig forskning att göra också diskreta kategorier till mätbara kvantitativa variabler. Till exempel gjorde framgångarna med att förstå atomens uppbyggnad av elementarpartiklar att det blev möjligt att definiera grundämnena utifrån antalet protoner i kärnan. Från början var grundämnena bara definierade utifrån 1) att de inte gick att dela upp i ytterligare ämnen och 2) de fysikaliska och kemiska egenskaper som skiljde ett grundämne från ett annat. En omvandling av kategorier till mer kvantitativa variabler kan dock vara svår att uppnå. Vi lever fortfarande med Linnés sätt att benämna arter med hjälp av två namn, trots att vi idag vet att arter långsamt utvecklas ur varandra. Någon entydig, allmänt användbar kvantitativ beskrivning av arter finns ännu inte. En ny utveckling i denna riktning är dock så kallade "streckkoder" för arter. En "streckkod" är kvävebassekvensen i en viss bestämd gen i mitokondrien (djur) eller kloroplasten (växter). Sådana sekvenser kan användas för att hitta nya arter och för att säkert känna igen arter relativt enkelt om man har tillgång till ett DNA-laboratorium. Strävan att skapa mer kvantitativt mätbara variabler har med naturvetenskapens ambition att göra de ofta mer subjektiva kategorierna till mer objektivt mätbara, det vill säga att alla forskare som studerar samma variabel kommer till samma resultat när de mäter den utifrån en tillförlitlig standard.

Vilka kategorier och variabler som forskarna enas om att dela in det de studerar i, är inte bara en fråga om hur naturen ser ut. Indelningen måste också vara användbar och fungerande för forskarna. Därför blir syftet och frågorna man ställer inom ett visst område också avgörande för vilka beståndsdelar man använder. I ett systemekologiskt problem kan organismerna delas in i till exempel producenter, konsumenter och nedbrytare istället för arter. Ett viktigt forskningsområde för alla vetenskaper är att skapa begrepp med precision och entydighet, samtidigt som man skapar insikter i deras begränsningar och tydliggör för vilka syften de fungerar.

Ofta är diskussioner om hur man ska dela in det som studeras, vad man ska kalla beståndsdelarna och hur man ska beskriva och känna igen dem, en första början till ett nytt forskningsområde. Men vi ser samtidigt med utvecklingen av SI-enheterna, att detta arbete

ständigt är närvarande för forskarna i deras strävan att förbättra beskrivningarna i ljuset av nya resultat och att göra dem mer ändamålsenliga för de nya frågor och metoder som uppkommer. Detta arbete är sällan färdigt och i någon mening alltid föränderligt. Just föränderligheten är ett av de sju utmärkande karaktärsdragen för naturvetenskaplig kunskap.

Att förutsäga och förklara

För att kunna göra så exakta förutsägelser som möjligt söker forskare samband mellan olika kvantitativa variabler. Sådana samband kan allmänt beskrivas som *korrelationer* mellan olika variabler. Om man kan beskriva hur sambandet ser ut mellan två variabler, kan man förutsäga tillståndet hos den ena om man känner tillståndet hos den andra. Att förutsäga kan sägas besvara frågan:

- Vad händer med variabel Y om variabel X ändras?

Oftast försöker forskarna att bestämma hur de två variablerna påverkar varandra, det vill säga vilken som är den oberoende respektive den beroende variabeln. Forskarna gör då ofta experiment där de försöker kontrollera olika variabler för att finna ut hur olika tänkbara oberoende variabler påverkar den beroende variabeln. I del 2 tittade vi på olika variabler som påverkar aktiviteten hos enzymet amylas. I experiment försöker forskarna beskriva sambandet mellan den beroende och oberoende variabeln matematiskt. Sambandet kan sedan användas för att beräkna vad som händer med den beroende variabeln Y om man har ett visst värde på den oberoende variabeln X. På så sätt blir det möjligt att använda den framräknade funktionen ur data för att göra en förutsägelse av Y om man vet X. Ibland är sådana här funna samband mycket exakta, ibland är det stora avvikelser mellan den matematiska funktionen och de faktiska observationerna. Vid sådana avvikelser anges mer sannolikheten att få vissa värden på Y om man har värdet X.

Många gånger är det dock svårt att göra experiment med vissa variabler. Forskarna kan ändå empiriskt söka efter samband mellan dem. Välkända exempel är alla samband mellan föda och hälsa som ofta är baserade på enkäter eller prover tagna från vissa grupper av människor.

Ett samband mellan två variabler X och Y betyder sällan att X på ett enkelt sätt förklarar Y. Om man till exempel vet att rökare har kortare medellivslängd än icke rökare, betyder inte det att man kan förklara hur det går till. En förklaring kräver ofta en rad av olika observationer, experiment och simuleringar för att kunna förstå hur X påverkar Y. Alla dessa samband måste pusslas ihop av forskarna till fungerande förklaringar som i sin tur måste testas på olika uppfinningsrika sätt. För att förklara hur rökning påverkar livslängden krävs kunskaper om hur de olika ämnen som tobaksrök innehåller påverkar processerna i våra kroppar eller vi kanske finner att temperaturen påverkar ett enzyms aktivitet. Men för att förklara hur temperaturen verkar på enzymaktiviteten, måste vi ta till en rad mer teoretiska samband, till exempel om hur temperaturen påverkar molekylers rörelser och hur ett enzym fungerar. Olika sådana samband och förklaringar bildar tillsammans *teorier*. En del

teorier är mycket säkra, medan andra är osäkrare. Teori betyder alltså inte att man ”bara” har en teori och ännu inte vet. Begreppet ”teori” blandas ofta ihop med begreppet ”hypotes”, som är en ännu inte accepterad förklaring.

Korrelationer som man lyckats formulera som matematiska funktioner kallas ibland *lagar*, till exempel Newtons rörelselagar eller Mendels ärftlighetslagar. Vissa lagar är mer utforskade, prövade och säkra än andra lagar. Det finns inget som säger att lagar med nödvändighet är mer säkra än teorier eller att samband först är teorier och sedan, när de har blivit bevisade, blir lagar. Korrelationer eller lagar är empiriska samband som ofta föregår mer omfattande samlingar av teoretiska samband som kan användas för att förklara dem.

Korrelationer och matematiska samband har ett stort vetenskapligt intresse även om man inte kan förklara dem. Med hjälp av sådana samband kan forskarna *förutsäga* vad som kommer att hända i Y om man ändrar X. Särskilt starka är de samband som prövats också genom upprepade experiment eller tester, så man vet att det inte finns en massa variabler man inte kontrollerat som kan ha givit sambandet. Kanske är det så att de som röker också har andra matvanor, som egentligen är orsaken till sambandet? Alla sådana tänkbara samband måste undersökas innan man kan närma sig en mer stabil förklaring. Forskare hittar ofta samband mellan variabler innan de kan förklara varför sambandet finns. Att finna samband och förutsäga är därmed ett viktigt forskningsintresse också för sin egen skull.

Sällan nöjer sig dock forskare med bara ett empiriskt funnet samband. Ofta försöker forskarna också förklara sambandet teoretiskt. Innan en förklaring är accepterad kallar man den för en hypotes. Om man har hittat ett empiriskt samband, kan forskarna försöka komma upp med olika hypoteser om varför sambandet ser ut just som det gör. Ofta formulerar man olika förutsägelser från hypoteserna som kan skilja dem åt. Lektionen i del 5 handlar om upptäckten på 1800-talet av sambandet mellan vissa organiska ämnens antal kolatomer och deras kokpunkter. Detta empiriska samband mellan de två variablerna gick inte att förklara förrän kvantteorin etablerades under första halvan av 1900-talet.

Fördjupning

Nedan finns artiklar och annan litteratur som ger dig möjlighet att fördjupa din kunskap om de modeller för naturvetenskapliga kunskapsintressen som behandlats här och hur man kan använda dem i undervisningen. Även om boken *Naturvetenskap och naturorienterande ämnen i grundskolan – en ämnesdidaktisk vägledning* främst ger exempel från grundskolan, är den allmänt mycket relevant. Artikel 2 ger exempel från gymnasiekemi på hur betydelsefullt det är att uppmärksamma alla kunskapsintressena i elevernas lärande.

1. Wickman, P.-O. & Persson, H. (2015). *Naturvetenskap och naturorienterande ämnen i grundskolan – en ämnesdidaktisk vägledning*. Stockholm: Liber.
2. Hamza, K. M., & Wickman, P.-O. (2009). Beyond explanations: what else do students need to understand science? *Science Education*, 93(6), 1026–1049.