

## Förmåga att tänka kritiskt

Oleg Popov, Umeå Universitet

Förmågan att tänka kritiskt är grundläggande för aktivt deltagande i ett demokratiskt samhällsliv. Den inkluderar färdigheter att kunna analysera, reflektera, dra slutsatser, värdera och ifrågasätta. Samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll (SNI) i naturvetenskaplig undervisning ger goda möjligheter att utveckla denna förmåga. I den här artikeln ligger fokus på den viktiga rollen som kritiskt tänkande spelar i forskning och i den naturvetenskapliga medborgarbildningen. Av läroplanen för gymnasieskolan framgår att eleverna ska utveckla sin förmåga att tänka kritiskt, att granska fakta och förhållanden och att inse konsekvenserna av olika alternativ. Kritiskt tänkande och förhållningssätt uttrycks också i de naturvetenskapliga ämnenas syften och centrala innehåll.

Diskussionen om utveckling av kritiskt tänkande i denna teoretiska artikel relateras till tre naturvetenskap-didaktiska områden: kunskap, procedur och tankesätt. Vi utgår ifrån att man bör sträva efter att utveckla vetenskaplig kunskapssyn, insikt i vetenskapliga arbetsmetoder och ifrågasättande inställning till verklighetsbeskrivningar för att kunna utöva kritiskt förhållningssätt.

### **Vetenskaplig kunskapssyn**

Utvecklingen av kritiskt tänkande påverkas starkt av vilken kunskapssyn man har. Tänk på följande frågor: Vad är naturvetenskaplig kunskap? Hur skapas och utvecklas kunskap? Hur säker är kunskapen? Påverkas ny kunskap av forskarnas värderingar, bakgrund, kontexter och personliga ideologier? Kunskapssynen som uppkommer som svar på de här frågorna påverkar våra kunskapande processer samt våra uppfattningar om kunskapens status – hur säker och objektiv den är.

Det är ett akademiskt fält med djupa historiska rötter, *vetenskapens epistemologi*, som behandlar kunskapssyn. Här ska vi presentera det i en sammanfattad form anpassad för att främja kritiskt tänkande i naturvetenskaplig undervisning. Därför snävas diskussionen av och begreppen vetenskap och kunskap används med fokus på naturvetenskap. Man försöker med naturvetenskapen nå kunskap om hur verkligheten är för att kunna förutsäga dess utveckling. Ambitionen är inte bara att *förklara* verkligheten utan också kunna *förutsäga* kommande händelser. Detta är vad som särskiljer naturvetenskapens huvuduppgift från humanvetenskapernas; Nationalencyklopedin säger att ”Inom humanvetenskaperna vill man snarare *förstå* mänskligt handlande och beteende för att klarlägga mönster i samhällen och hos individer.”

Den förenklade bilden av naturvetenskaplig kunskap är att den är helt objektiv, universell samt oberoende av forskaren och den socio-kulturella kontexten i vilken kunskapen är producerad. I samma anda presenteras ofta naturvetarnas verksamhet som en linjär process

som följer ett antal förutbestämda steg, från hypotes till slutsats, och som leder till objektiva sanningar. På så sätt får naturvetenskap ”en nästan mytologisk status” (Wickman & Persson, 2015, s 66). Om detta blir det dominerande synsättet i klassrummet, då kan det vara svårt för eleverna att förstå varför forskare inte alltid är överens kring många aktuella SNI. Om man ser på kunskap som enbart väldefinierade mätbara fakta, leder denna syn också till hur man ser på lärande – fakta ska läras in! Om man ser på kunskap som meningsskapande i samhällliga praktiker, då förutsätter lärande aktivt deltagande i och kritisk reflektion över kunskapande praktiker.

Genom att arbeta med komplexa SNI får gymnasieelever möjlighet att utveckla en fördjupad och mångfacetterad kunskapssyn, som i sin tur kan hjälpa dem att reflektera över SNI. Här presenteras en kort sammanställning av de väsentliga egenskaperna som kännetecknar hur den naturvetenskapliga kunskapen bildas och utvecklas. Vi har valt att strukturera dem i samma kategorier som Hansson, Leden och Pendrill (2014) har använt.

**Naturvetenskaplig kunskap är empirigrundad.** Det betyder att den kan bekräftas genom observationer och experiment. Man kan göra tankeexperiment och teoretiska härledningar, men de bör till slut kunna verifieras i verkligheten.

**Naturvetenskaplig kunskap är öppen för förändringar.** Även om naturvetenskaplig kunskap kännetecknas av ett stort mått av stabilitet och kontinuitet ska man vara beredd att kritiskt ompröva nuvarande "sanningar", uppfattningar och metoder när nya rön och tekniker utvecklas. I naturvetenskapligt arbete ska kunskaper och metoder alltid presenteras på ett sådant sätt att de kan ifrågasättas och ska kunna förkastas om andra forskare bevisar deras ogiltighet.

**Naturvetenskaplig kunskap är subjektiv och teoriladdad.** Även om forskare strävar efter objektivitet påverkas ändå forskningsprocessen och producerade resultat av mänskliga faktorer. Forskningen influeras också av de valda teorierna som till stor del formar forskningsfrågor och styr tolkningar av data som forskaren gör. De teoretiska ramar som man använder liknas ibland vid teoretiska glasögon som hjälper oss att få en skarpare bild av vår omvärld. Vetenskapliga teorier brukar på förhand ge en uppfattning om vad man ska titta efter när naturen studeras, likasom förväntningar om vad man ska se; på så sätt hjälper de en att fokusera på rätt saker. Samtidigt kan den valda teoretiska inramningen och andra mera personliga faktorer som kön, ålder och etniskt ursprung leda till en för snäv betraktelse och till att forskaren kan missa andra intressanta saker. Även hur forskningen finansieras kan påverka metodval och tolkning av resultat.

**Naturvetenskaplig kunskap skapas i en kreativ verksamhet.** Kreativitet är en central del av forskningen. Den utövas i olika delar av forskningsprocessen – i val av studieområde, i frågor man ställer, i planering av undersökningar och när man tolkar data och drar slutsatser. Att vara kreativ innefattar förmåga att ”tänka utanför boxen”, vara nyskapande, nyfiken och idérik. Det är värt att påminna om att förklaringar till observationer grundas i forskarens kreativitet och blir därmed delvis subjektiva. Kreativitet i form av fantasi och

påhittighet behövs också när man presenterar resultat för andra forskare och populariserar vetenskap för bredare publik.

**Naturvetenskaplig kunskap påverkas av de sociala och kulturella sammanhang den produceras i.** Vilka frågor som ställs och vilka frågor man väljer att inte ställa, vad som studeras, prioriteras och finansieras samt vilken kunskap som produceras beror på tidsanda, värderingar och vilken dominerande världsbild som råder i samhället. Det starka stödet för genusfrågor inom medicin och biologisk forskning som råder i dagens Sverige motsvaras till exempel inte av samma uppmärksamhet i andra länder. Men vetenskapliga resultat kan skilja sig betydligt beroende på vilket undersökningsobjekt eller vilken grupp (män eller kvinnor) man väljer att studera.

Här känns det relevant att också reflektera över inomvetenskapliga personliga värderingar. Vilken fråga en forskare väljer att studera eller presentera för sina kollegor baseras oftast på att den värderas högt av den enskilde personen. Frågan betraktas som viktig. Den har ett vetenskapligt värde. Värdet är något man fogar till fakta. ”Utan förmågan till värdering står forskaren hjälplös i virrvarret av handlingsmöjligheter, vägar, metoder, instrument, data ... Den forskare, som inte inför vissa fakta ser deras värde, anar deras fruktbarhet, har inte stora utsikter att vara framgångsrik” (Sällström, 1993, s 145). En annan relaterad aspekt är att människor tenderar att högst värdera sådant de förstår och kan bäst. Förståelse och värdering hänger samman. Om man förstår ett fenomenets innebörd och ser dess förbindelse med ett större sammanhang så är det lättare att uppskatta dess vetenskapliga värde. Samma sak gäller oss lärare, vi värderar högst de pedagogiska arbetsmetoder och principer som vi förstår och kan bäst.

Naturvetenskaplig didaktisk forskning visar att kunskap om naturvetenskapens karaktär och arbetsformer måste undervisas explicit för att eleverna skulle kunna diskutera forskningsresultat på ett sakligt sätt (Lederman & Lederman, 2014). Eller som Wickman och Persson (2015) uttryckte det: att ”hjälpa eleverna till en kritisk hållning och ge dem en bättre förmåga att bedöma de påståenden om vad vetenskapen har visat, som de ständigt hör om i skolan, i media och i möten med andra personer” (s. 208). Lärare kan hjälpa eleverna att vässa synen på vetenskaplig kunskap genom att hjälpa dem att reflektera över följande frågor:

- Råder det vetenskaplig konsensus eller finns olikheter i forskarnas uppfattningar?
- Om det finns olika uppfattningar i frågan, hur kan det påverka de olika resultatens pålitlighet?
- Hur ser empirigrunden ut?
- Vilka teorier står bakom resultatet?
- Syns forskarnas subjektiva preferenser i forskningen?

Vidare kan man lyfta frågor om hur forskningssamhället fungerar, till exempel att forskare kritiskt granskar egna och varandras arbetsmetoder och resultat i strävan efter sanningen. Detta kan ge elever insikt i vetenskapliga arbetsmetoder och traditioner.

### **Undersökande arbete**

Det systematiska undersökande arbetet är centralt i all naturvetenskap och så även när det gäller samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll (SNI). Det är viktigt att påpeka att i undervisningssammanhang är det undersökande arbetet både ett arbetssätt och ett kunskapsinnehåll. Med detta menas att elever genom att arbeta undersökande själva kan ta reda på saker om naturen och omvärlden, och att eleverna ska undervisas om naturvetenskapliga arbetsmetoder. Undersökande arbetssätt brukar innefatta följande delar, som eleverna ska känna till och praktisera:

- Problemformulering.
- Hypotesställning.
- Planering av experiment och undersökningar.
- Genomförande av mätningar, observationer och annan datainsamling.
- Dataanalys och framställning av resultat.
- Diskussion av hypotesutfallet och undersökningens tillförlitlighet.
- Kommunikation av undersökningens resultat och procedurer i muntlig och skriftlig form.

Den ovan presenterade så kallade hypotesprövande undersökningsprocessen är en vanlig arbetsform i naturvetenskaplig undervisning. Man utgår från en hypotes, planerar experiment och andra observationer som kan stödja eller motsäga denna hypotes. Detta finns beskrivet i den svenska läroplanen och i många andra länders styrdokument, och presenteras i mängder av lärarhandledningar. Nu börjar det dock höjas röster inom naturvetenskaplig didaktisk forskning (Bevins & Price, 2016) att det är ett för snävt och för algoritmiskt sätt att introducera elever i hur undersökande arbete brukar genomföras i forskningspraktiker. Detta för att, som Wickman och Persson (2015) påpekar, det inte finns en enda vetenskaplig metod, utan det handlar snarare om en rad olika angreppssätt som används för olika typer av problem.

Från forskningssamhällets sida görs också populariserande insatser att förklara den multidimensionella karaktären av vetenskapligt arbete, inte minst när det gäller uppskattning av misslyckade försök som banar vägen för nya idéer (Firestein, 2016). Att reflektera och att lära sig från misstag och felaktiga antaganden är kännetecknande karaktärsdrag i naturvetarens och ingenjörens arbete. Man bör ta för vana att alltid reflektera över tidigare gjorda misstag och anpassa sina handlingar till kontexten. Den SNI-baserade undervisningskontexten öppnar nya möjligheter för lärarna att ta utgångspunkt i elevernas egna frågor för att stimulera deras nyfikenhet och kreativitet till att själva formulera problemställningar, designa undersökningar, tolka resultat och lära från misstag. Men tyvärr är det också vanligt att SNI-baserad undervisning inte kombineras med någon praktisk laborativ verksamhet (Ottander & Ekborg, 2012), vilket hindrar utvecklingen av färdigheter att analysera och ifrågasätta hur andras rapporterade undersökningar är gjorda. Exempel på hur man kan kombinera SNI och laborativt arbete finns i filmen "Lärarsamtal om SNI och undersökningar".

Undersökande arbete brukar syfta till att klarlägga generella mönster. Det förutsätter träning av iakttagelseförmåga och slutledningsförmåga utifrån observationer som är en viktig del av naturvetenskapliga undersökningar i skolan. Praktiskt arbete i skolan inom till exempel biologiområdet har ofta karaktär av observationer där man beskriver olika företeelser. I anslutning till detta kan det finnas goda möjligheter att utveckla elevernas reflektionsförmåga och kritiska tänkande. Hur långt kan resultat av elevobservationer generaliseras? I vilka sammanhang och under vilka omständigheter gäller resultaten? Det är viktigt att man är medveten om undersökningens villkor och kan återskapa dem för upprepade försök.

Enstaka unika händelser som inte kan upprepas bidrar bara marginellt till vetenskapens utveckling. Därför krävs det att forskningsrapporter ger tillräcklig information om kontexten och processen så att undersökningarna, i princip, kan upprepas och kontrolleras och de generella lagarna fastställas. En av nyttoaspekterna med att lära sig det undersökande arbetssättet är att eleverna får praktisk erfarenhet av att använda det som verktyg för att bygga ny kunskap och att de får förbättrad förståelse av processerna inom forskning samt känsla för eventuella fallgropar när resultat ska bearbetas och slutsatser dras.

### ***Insikt i vetenskapliga arbetsprinciper***

Viktiga vetenskapliga arbetsprinciper som styr forskning är att undersökningar genomförs på ett systematiskt sätt och kännetecknas av en kritisk inställning till primär- och sekundärdata och de teorier, modeller och metoder som används. I forskarpraktiker brukar man skilja mellan primär- och sekundärdata. Primärdata är fakta, information och resultat som forskaren själv samlar in. Sekundärdata är information som redan existerar och som någon annan samlat in och publicerat. Förstahandsinformation eller primärdata har en viktig särställning inom naturvetenskaplig forskning. I allt vetenskapligt arbete ställs höga krav på att kunna bedöma de källor av sekundärdata som används, lika väl som hållbarheten och gränserna för de slutsatser och resultat man själv kommer fram till (Eriksson & Hultman, 2014).

### **Granskning av källor**

Oavsett om det handlar om att söka och granska information av teoretisk karaktär, eller om det handlar om att granska information av empirisk karaktär, är det viktigt att ha redskap för att bedöma användbarhet, tillförlitlighet och trovärdighet av olika källor. Källkritik ingår som en viktig del i kritiskt tänkande och är en av grundstenarna inom all vetenskaplighet. Kritisk granskning gäller alla typer av källor och avser att bestämma om källan

- träffsäkert presenterar det den syftar på (valid/trovärdig),
- är väsentlig för den aktuella undersökningen (relevant/användbar) och
- är fri från metodfel (pålitlig/tillförlitlig).

Eleverna kan börja med att analysera materialet som de använder med hjälp av dessa tre kriterier.

Att kunna granska källor och värdera information är också en förutsättning för att klara studierna på gymnasiet. Uttryck som används i styrdokument är till exempel: källkritisk granskning, källkritisk medvetenhet, källkritiskt förhållningssätt, kritiskt granska och värdera olika källors tillförlitlighet. På Skolverkets webbplats finns bra urval av stöd- och inspirationsresurser för lärare i arbetet med informationssökning, källkritisk granskning och upphovsrätt. Till exempel ”Kolla källan” och ”Källkritik för gymnasieskolan” är bra webbplatser där man kan navigera sig fram genom olika förslag på undervisningsmetoder i källkritisk granskning. Därför har vi valt att inte utförligt diskutera källkritik i den här artikeln.

### Granskning av värderande budskap

En annan del av kritisk granskning som är särskilt viktig i samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll handlar om att identifiera och avslöja värderingar i vad som sägs och skrivs. En mening kan presenteras som en neutral betraktande beskrivning, men oftast innehåller den en mer eller mindre tydlig värdering. Texter och tal kan innehålla många dolda värderingar. Dessa dolda värderingar kan vara svåra att upptäcka eftersom de är inbäddade i vår kultur. Det är etablerade uttryck som används inom en kultur eller gruppering som ofta står för en ”vedertagen sanning”. Nedan presenteras en övning för att uppmärksamma att värderingar är en oskiljaktig del i alla texter som handlar om samhällsfrågor. Syftet med övningen är att elever får träna på att uppmärksamma hur värderingar är inbyggda i påståenden som kan tyckas sakliga. Det kan också vara en början till att synliggöra värderingars betydelse för hur mening skapas kring den samhällsfråga som diskuteras. Övningen kan anpassas till den SNI som eleverna för tillfället arbetar med.

Övningen går ut på att läraren eller eleverna anger ord som är starkt sammankopplade med den samhällsfråga de diskuterar. Eleverna får sedan i uppgift att analysera vad orden står för. Till hjälp för detta kan nedanstående ramar användas. (Den här övningen kan också användas för bilder, foton osv.)

1. Vad står ordet för?
2. Är ordet positivt eller negativt laddat?
3. Skapa alternativa ord eller uttryck som betyder samma sak men har motsatt laddning.

Till exempel kan ordet miljövänlig beskrivas och bearbetas på följande sätt:

1. Ordet värderar olika produkter eller handlingar som vänliga mot miljön.
2. Ordet är positivt laddat, dvs. det anses som bra att agera miljövänligt.
3. Alternativt ord/uttryck: ”har miljöpåverkan, men i lägre grad än ...” eller ”ger andra miljökonsekvenser som av vissa anses vara mindre skadliga” (till exempel energi från vattenkraft och vindkraft beskrivs ofta som miljövänligt i förhållande till fossila bränslen).

Det är också intressant att se att orden kan ha olika betydelse för olika individer. Vidare kan eleverna jämföra meningar (påståenden) och bearbeta dem på ett liknande sätt som när de analyserar orden. Syftar meningarna på samma sak? Hur åtskiljs underliggande budskap? Att låta eleverna själva identifiera värdeladdade meningar och stycken i en text, reflektera över dessa och diskutera deras alternativa innebörder, kan vara både en rolig och viktig övning.

Kritisk granskning av grunderna för ett påstående i en text kan innebära att man måste göra ytterligare informationssökningar, baserade på specifika frågor som uppkommer när man granskar texten. Dessutom måste man kanske vara mera ifrågasättande på vad data egentligen betyder när media gör presentation och egna tolkningar av forskningsresultat (Eriksson & Hultman, 2014). Det kan till exempel gälla kostråd i olika media där innehållet ofta är ofullständigt presenterat. Den här typen av uppgift leder till analys av flera källor. Genom att jämföra påståenden från olika källor kan eleven utveckla sin förståelse för hur fakta och värderingar används i argumentationen. Ofta behövs det ställas frågor om hur undersökningarna som artiklarna bygger på är gjorda, samt hur resultat kommuniceras för att det ska vara möjligt att göra en välgrundad bedömning.

### ***Ifrågasättande inställning till verklighetsbeskrivningar***

I denna avslutande del av artikeln ska vi titta närmare på två aspekter som kännetecknar ifrågasättande inställning till verklighetsbeskrivningar. Den ena handlar om vetenskapskritiskt perspektiv, det vill säga att man måste vara medveten om eventuella brister i själva forskningen och ha en ifrågasättande inställning till dess design och slutsatser. Den andra handlar om att anamma ett kritiskt vetenskapligt perspektiv, som ger individen möjlighet att ta ställning i aktuella samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll.

### **Vetenskapskritisk medvetenhet**

När man blir närmare bekant med ett forskningsfält kan man få djupare och mera nyanserade insikter om vad som händer inom fältet. Lärare som tar del av utbildningsvetenskapliga forskningsresultat på ett systematiskt sätt har bättre möjlighet att värdera och ta ställning om den didaktiska forskningen än en lekman. Eftersom läraren är yrkesutövare som har praktisk erfarenhet av vad som fungerar och vad som inte fungerar i det vardagliga pedagogiska arbetet kan han eller hon då säga ”jag har sett det i verkligheten”, ”det händer i min skola”, ”det känner jag igen från min undervisning” eller ”att det kommer inte att fungera i klasser som jag undervisar i”. Då använder läraren så kallade kriterier av funktionalitet och rimlighet (*adequacy* och *plausibility*) i sin bedömning (validering) av didaktisk forskning. På så sätt utövar lärare sin vetenskapskritiska medvetenhet.

Det kan vara svårare för lärare att uttala sig om situationen och forskningsframstegen inom specifika naturvetenskapliga fält, till exempel för fysiklärare att framföra välgrundade värderingar av utvecklingen inom strängteori. Här behövs antingen avancerad specialkunskap eller tilltro till de ganska begränsade sekundära källorna som gör populärvetenskapliga presentationer av teorins grunder. Wikipedia som informationskälla

hjälp knappast till att ge en någorlunda förståelse för vad som händer på forskningsfronten i teoretisk fysik och ännu mindre för att ta ställning till den. Vi tar upp det här som ett exempel för att illustrera att även sofistikerad vetenskap är en form av mänsklig verksamhet som kan påverkas av mänskliga svagheter. En ofta bortglömd aspekt i kritisk analys av vetenskapens utveckling är auktoritetens roll inom fältet.

Vad som accepteras som sann kunskap samt vilka arbetsmetoder och teoretiska perspektiv som betraktas trovärdiga bestäms ofta av inflytelserika aktörer inom vetenskapsfältet. Detta hände redan under Kopernikus tid och det händer även idag. Lee Smolin, en framstående teoretisk fysiker, visar i en kritisk diskussion av strängteorin (Smolin, 2006) att en acceptans av teorin blev nästintill ett "måste" för att göra akademisk karriär inom fältet teoretisk fysik vid många universitet. Strängteorin kan, för närvarande och i överskådlig framtid, inte bekräftas experimentellt utan enbart valideras av andra teoretiska fysiker. Utformningen och valideringen av teorin kan på så sätt, starkare än vad som är vanligt inom det naturvetenskapliga fältet, påverkas av personliga och socio-ekonomiska faktorer. Till exempel påverkar röster av inflytelserika aktörer möjligheterna för andra forskare att få en professur eller ett forskningsanslag för teoriutvecklingar. Därför blir det en del av ett personspele och inte bara objektiva vetenskapliga normer, värderingar och principer som avgör hur ett forskningsfält utvecklas. Smolin argumenterar att en form av akademisk korruption och jäv också finns i vetenskapssamhället och därför behövs vetenskapskritisk medvetenhet inom alla forskningsfält. Vidare kan man läsa i Fahy (2015) om hur strängteorins offentliga status påverkas av teorins ledande forskares personlighet och karisma.

Ännu tydligare kan påverkan av mäktiga grupper och socio-ekonomiska och kulturella faktorer märkas inom didaktisk forskning där trenderna och sanningarna ändras ganska snabbt (Gutiérrez, 2013). En kritisk inställning och sunt förnuft behövs för att värdera forskningsresultat som påstås ge generella lösningar av didaktiska problem vilka passar för alla klassrum och elever. Vetenskapskritisk medvetenhet är viktig för alla. För lärare i naturvetenskapliga ämnen kan det vara fördelaktigt att välja lämpliga SNI som ger möjlighet att träna detta. Lederman och Lederman (2014) påpekar att SNI-baserad undervisning med diskussioner i seminarieform och reflektivt skrivande har stor potential i utvecklingen av elevernas kritiska medvetenhet kring vetenskap.

### Kritisk vetenskaplig medvetenhet

Kritisk vetenskaplig medvetenhet kännetecknas av användning av vetenskapligt tankesätt (*scientific habits of mind*), som också kallas för vetenskapliga inställningar (*attitudes*). Çalik och Coll (2012) kopplar tydligt samman vetenskapligt tankesätt med SNI-undervisning, som de betraktar som en naturlig arena för utveckling av vetenskapliga tankefärdigheter. De utgår från Gaulds (1982, 2005) formuleringar av vetenskapliga inställningar till verkligheten och med en bred analys av tillgängliga publikationer föreslår de följande lista av *scientific habits of mind* som kännetecknar vetenskapligt tankesätt:

- Öppenhet – vilja att ändra uppfattningar i ljuset av nya bevis, öppenhet för nya idéer.
- Skepticism – kritisk ifrågasättande, alla nya idéer ska vara öppna för kritisk granskning.
- Rationalitet – behov av resonemangsprövningar genom lämpligt bevis och logisk argumentation.
- Objektivitet – tilltro till evidens, opartisk betraktelse och prov av sanningshalten som minskar individens påverkan på undersökningen.
- Misstro mot argument från auktoriteter – jämförande utvärderingar av olika arguments trovärdighet. Det är ett speciellt fall av skepticism som framhäver kritisk inställning till vetenskapliga och andra auktoriteter.
- Eftertänksamhet – låt tankarna mogna när bevis inte är fullständiga.
- Nyfikenhet – lust att lära, att utvidga sina kunskapsgränser, att initiera och fortsätta med undersökande aktiviteter.

Utvecklingen av kritisk vetenskaplig medvetenhet innebär också förmåga och intresse att inhämta, behandla och bedöma nya kunskaper och följa den vetenskapliga utvecklingen. Generellt uppmärksammas detta i medborgarutbildningen och särskilt i utbildningen av blivande lärare. Men borde vi kanske fokusera mera på detta?

Lederman och Lederman (2014) poängterar i sin forskningsöversikt av studier gällande elevers förståelse av vetenskapens karaktär att det behövs målmedvetet arbete i klassrummet som explicit lyfter fram vetenskaplig kunskapssyn och tankesätt. Det gäller till exempel inte bara att genomföra en undersökning på rätt sätt men också reflektera över processens starka och svaga sidor, eventuella felkällor, och så vidare. Det är när läraren systematiskt initierar elevernas reflektioner över handlingar och tankesätt i naturvetenskapligt arbete som deras förmåga att tänka kritiskt utvecklas.

Avslutningsvis vill vi poängtera att resonemanget i denna artikel utgår från behovet att stödja den naturvetenskapliga undervisningens uppgift att hjälpa elever att förstå på vilka sätt vetenskapliga resultat har begränsningar och att de inte kan ta osäkra resultat för givna. Samtidigt gäller också det motsatta, att eleverna inte på lösa grunder ska ifrågasätta relativt säkra naturvetenskapliga resultat. Kritiskt tänkande bör grundas på goda insikter i vetenskaplig kunskapssyn för att man ska kunna resonera om naturvetenskapens giltighet och resultatens pålitlighet.

## Referenser

- Bevins, S. & Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education, *International Journal of Science Education*, 38:1, 17-29.
- Çalik, M. & Coll, R.K. (2012). Investigating Socioscientific Issues via Scientific Habits of Mind: Development and validation of the Scientific Habits of Mind Survey, *International Journal of Science Education*, 34:12, 1909-1930.
- Eriksson, L.T. & Hultman, J. (2014). *Kritiskt tänkande: utan tvivel är man inte riktigt klok*. (2. uppl.) Stockholm: Liber.
- Fahy, D. (2015). *The new celebrity scientists: out of the lab and into the limelight*. Rowman & Littlefield, Lanham.
- Firestein, S. (2016). *Failure: Why science is so successful*. Oxford University Press, NY.
- Gauld, C.F. (2005). Habits of mind, scholarship and decision making in science and religion. *Science and Education*, 14, 291–308.
- Gauld, C.F. (1982). The scientific attitude and science education: A critical reappraisal. *Science Education*, 66, 109–121.
- Gutiérrez, R. (2013). The Sociopolitical Turn in Mathematics Education. *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 44, No. 1, Equity Special Issue, 37-68.
- Hansson, L., Leden, L. & Pendrill, A-M (2014). Att arbeta med naturvetenskapens karaktär i NO-undervisningen. *LMNT-nytt*, 2, 2-6.
- Lederman, N.G. & Lederman, J.S. (2014). Research on teaching and learning of nature of science. In N.G. Lederman, S.K. Abell *Handbook of research on science education*. V. 2, 600-620. Routledge, NY.
- Ottander, C., Ekborg, M. (2012). Students' experience of working with Socio Scientific Issues - a quantitative study in secondary school. *Research in Science Education* 42: 1147-1163
- Smolin, L. (2006). *The trouble with physics: The rise of string theory, the fall of a science, and what comes next*. Boston: Houghton Mifflin.
- Sällström, P. (1993). *Goethe och naturvetenskapen*. Göteborg: Carlssons.
- Wickman, P. & Persson, H. (2015). *Naturvetenskap och naturorienterade ämnen i grundskolan: en ämnesdidaktisk vägledning*. (2. uppl.) Stockholm: Liber.