

Björnhammer, Andrée m.fl.

Vad kan elever som kan formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågor?

S Björnhammer, M Andrée, J Nordling, C Dudas, P-O Freerks, S Jahdadic, J Lundström, M Lavett Lagerström, J da Luz, S Planting-Bergloo, S Puck, J Reimark, P Wennerström, F Westman & J Wibom

Sammanfattning

*Denna studie fokuserar på innebörden av att kunna formulera undersökningsbara frågor i naturvetenskap. Studien tar utgångspunkt i naturvetenskapligt undersökande som epistemiskt arbete. Den forskningsfråga som undersöks är: **Vilka kvalitativa aspekter av kunnande kommer till uttryck i gymnasieelevers arbete med att formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågor?** Studien har genomförts som en designbaserad studie med sex interventioner på gymnasiet där eleverna i den genomförda undervisningen har fått i uppgift att, i olika sammanhang, formulera undersökningsbara frågor. Data innefattar film- och ljudinspelningar och har analyserats med hjälp av kvalitativ innehållsanalys. Resultaten synliggör tre kvalitativa aspekter av att formulera undersökningsbara frågor: **Precisering av det epistemiska objektet, Operationalisering av det epistemiska objektet samt Värdering av frågeställningen i relation till det epistemiska objektet.***

Nyckelord: systematiskt undersökande, naturvetenskapliga ämnen, naturvetenskapligt undersökningsbara frågor, gymnasieskolan, epistemiska verktyg, epistemiska objekt

Samtliga författarpresentationer är samlade på nästa uppslag.

Studien har genomförts av en forskargrupp på 15 personer bestående av forskare och verksamma lärare inom ramen för Stockholm Teaching and Learning Studies (STLS).



Sebastian Björnhammer är grundskolelärare i naturvetenskap och teknik för åk 6-9 vid Kunskaps-skolan i Norrköping, doktorand i naturvetenskapsämnenas didaktik vid Stockholms universitet och koordinator vid STLS.



Maria Andrée är vetenskaplig ledare vid STLS samt docent i naturvetenskapsämnenas didaktik vid Institutionen för matematikämnets och naturvetenskapsämnenas didaktik, Stockholms universitet.



Johan Nordling är gymnasie-lärare i biologi, naturkunskap, kemi och entreprenörskap på Östra reals gymnasium i Stockholm.



Cecilia Dudas är förstelärare i kemi och matematik vid Glo-bala Gymnasiet i Stockholm, fil. lic. i naturvetenskapsämnenas didaktik och har varit verksam som koordinator vid STLS.



Per Freerks är kemi-, biologi- och filosofilärare vid Kungs-holmens gymnasium i Stock-holm.



Sofija Jahdadic är gymnasie-lärare i matematik och kemi samt förstelärare i kemi vid Östra Reals gymnasium i Stockholm.

Björnhammer, Andrée m.fl.



Johanna Lundström är gymnasielärare i kemi, biologi och naturkunskap på YBC i Nacka kommun.



Malin Lavett Lagerström är undervisningsråd på Skolverket, har tidigare varit koordinator vid STLS och har en lic-examen i naturvetenskapsämnenas didaktik.



Johanna da Luz är gymnasielektor och undervisar i kemi och biologi på Östra reals gymnasium i Stockholm.



Sara Planting-Bergloo är förstelärare i kemi och biologi, hon arbetar vid Globala gymnasiet i Stockholm och är forskarstuderande i naturvetenskapsämnenas didaktik vid Stockholms universitet och koordinator vid STLS.



Sara Puck är gymnasielärare i naturkunskap på Värmdö gymnasium i Stockholm.



Josefin Reimark är lektor i biologi på Kungsholmens gymnasium/Stockholms musikgymnasium.



Per Wennerström är lärare i fysik och matematik vid Kungsholmens gymnasium/Stockholms musikgymnasium i Stockholm.



Fredrik Westman är lärare i kemi och matematik vid Kungsholmens gymnasium/Stockholms musikgymnasium i Stockholm.



Jonna Wiblom är doktorand i naturvetenskapsämnenas didaktik vid institutionen för matematikämnets och naturvetenskapsämnenas didaktik på Stockholms universitet.

Abstract

*The development of students' capabilities to engage in scientific inquiry is part of the science curricula across the educational system. The purpose of this study is to explore the capability to formulate questions for scientific inquiry. The research question is: **Which qualitative aspects of knowing are enacted in upper-secondary school students' work with formulating questions for scientific inquiry?** The study was conducted as a design-based research study with six interventions in upper-secondary school science education. Data include video and audio recordings. The analysis was conducted as a qualitative content analysis. The results show three qualitative aspects of knowing how to formulate research questions: **Discerning and nuancing the epistemic object, Operationalizing the epistemic object and Evaluating a question for scientific inquiry in relation to the epistemic object.***

Key-words: Scientific inquiry, Science education, Scientifically researchable questions, Upper-secondary school, Epistemic tools, Epistemic objects

Introduktion

I naturvetenskaplig undervisning är systematiskt undersökande en förutsättning för att utveckla ny kunskap om naturen och den fysiska verkligheten. Systematiskt undersökande är grundläggande för produktion av naturvetenskaplig kunskap samtidigt som naturvetenskapliga forskningspraktiker tar form på olika sätt. Exempelvis är det stor skillnad på systematiskt undersökande inom ett ämnesområde som kärnfysik och ett ämnesområde som mikrobiologi (jfr Knorr Cetina, 1999). För skolans naturvetenskap kan det långsiktiga syftet att utveckla elevernas förmåga till systematiskt undersökande förstås som att eleverna ska lära sig olika sätt att producera, kommunicera och utvärdera naturvetenskaplig kunskap. En grundläggande fråga är vad som kännetecknar de olika kunnanden som bygger upp förmågan systematiskt undersökande (jfr Carlgren, 2015). På vilka sätt liknar och skiljer sig det kunnande som kommer till uttryck i en skolpraktik, jämfört med vad som kännetecknar en kärnfysikers eller en molekylärbiologs arbete?

I relation till läroplanen för gymnasieskolan och ämnesplanerna för de naturvetenskapliga ämnena kan systematiskt undersökande förstås som ett paraplybegrepp. Gemensamt för undervisningen i biologi, kemi och fysik på gymnasiet är att den ska innefatta naturvetenskapliga arbetsmetoder som att formulera och söka svar på frågor, att göra systematiska observationer, att planera och utföra experiment och fältstudier samt att bearbeta, tolka och kritiskt granska resultat och information (Skolverket, 2011). Att formulering och undersökning av ämnesrelaterade frågor återfinns som lärandemål i alla kurs- och ämnesplaner för de olika naturvetenskapliga skolämnena innebär att lärare behöver ges förutsättningar att reflektera över och precisera möjliga innebörder och uttryck av kunnandet i relation till den naturvetenskapliga undervisningspraktiken (jfr Carlgren, 2015).

Det övergripande syftet med den här studien är att undersöka och beskriva innebörder av förmågan till systematiskt undersökande i naturvetenskapliga ämnen ge-

Björnhammer, Andrée m.fl.

nom att empiriskt studera vad gymnasieelever gör när de arbetar med att formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågor.

Att formulera undersökningsbara frågeställningar i naturvetenskap

I gymnasieskolan prövas förmågan till systematiskt undersökande framförallt i gymnasiearbetet. Ett gymnasiearbete genomförs under sista året på samtliga program, och för de högskoleförberedande programmen ska ett godkänt gymnasiearbete vara ett "kvitto" på att eleven är förberedd för vidare studier (Skolverket, 2012). I gymnasiearbetet på naturvetenskapliga programmet ingår att elever ska kunna formulera, avgränsa och hantera en egen frågeställning. I Skolinspektionens rapport "Alla redo för högskolan?" (2015) undersöks om gymnasiearbetet visar huruvida elever är förberedda för högskolan eller inte. Ett av kriterierna som Skolinspektionens granskare använde sig av för att bedöma om elevarbeten från det naturvetenskapliga programmet var just "Arbetet har en tydligt avgränsad och undersökningsbar frågeställning" (s. 11). Att kunna formulera undersökningsbara frågeställningar bedömdes alltså som en viktig förutsättning för att eleverna skulle vara väl förberedda för högskolestudier.

Trots att skolans styrdokument betonar att eleverna ska ges möjlighet att formulera och undersöka sina egna ämnesrelaterade frågor, bjuder undervisning i naturvetenskapliga ämnen sällan in till detta (jfr Chinn och Malhotra, 2002). Flera studier har istället visat på en naturvetenskaplig undervisningstradition som fokuserar på reproduktion av redan etablerad kunskap och "rätta svar", snarare än ett utforskande av öppna frågor och begreppsliga relationer (Andrée, 2007). Syften med laborativa moment beskrivs då av lärare som att utveckla förståelse av naturvetenskapliga fenomen, fakta och begrepp, att skapa intresse för naturvetenskap eller att utveckla praktiska laborativa färdigheter (Högström, Ottander, och Benckert, 2006). I en studie av Lunde, Chang-Rundgren och Rundgren (2015) fick lärare reflektera över sin undervisning med laborativa inslag. Trots att lärarna arbetade med laborativa inslag presenterades inga exempel där elever själva fick formulera undersökningsfrågor utifrån en övergripande forskningsfråga eller problemsituation. Dessutom hade de laborativa inslagen, som lärarna hade planerat, ett givet utfall och handlade på så vis om att eleverna skulle komma fram till rätt svar. I en studie av Gyllenpalm, Wickman & Holmgren (2010) undersöktes det naturvetenskapliga språk som lärare använde när de skulle beskriva hur deras elever arbetar laborativt. Forskarna fokuserade på användning av begreppen hypotes, experiment och frågeställning. De intervjuade lärarna talade explicit om hypotes och experiment men ingen beskrev mål för undervisningen som handlade om frågeställningar.

Tidigare forskning visar att elever tenderar att uppskatta att få möjlighet att formulera och undersöka egna frågor (Crawford, Krajcik & Marx, 1999; Gibson & Chase, 2002). Lager-Nyqvist, Wickman, Lundegård, Lederman och Lederman (2011) visade dock i en studie av undersökande arbete i naturvetenskap på mellanstadiet att många elever inte kunde formulera en undersökningsbar fråga, när de gavs i uppgift att göra detta. Däremot visade forskarna genom analys av elevgruppers samtal att eleverna i stor utsträckning visste vad de skulle undersöka när de försattes i en situation där

de skulle genomföra en undersökning. Lager-Nyqvist och hennes kollegor menade att skillnaden handlar om en skillnad i "vad eleverna kan uttrycka begreppsmässigt och vad de kan i handling" (s. 120). Eleverna i studien saknade erfarenhet av att *tala om* vad som utmärker undersökningsbara frågor. Lager-Nyqvist och hennes kollegor föreslog att utvecklingen av ett analytiskt språk för formulering av undersökningsbara frågor skulle kunna användas för att stödja utveckling av elevernas förmåga att formulera undersökningsbara frågor. En annan studie visar också att det naturvetenskapliga undersökandet i skolans laborativa undervisning inte bara är en fråga om språk utan också en kroppslig process om att lära sig urskilja fenomen och som kräver tid (Kondrup, Wickman och Caiman, 2019).

Systematiskt undersökande i skolan presenteras inte sällan som generiskt, som en generell förmåga som handlar om att observera, tolka resultat och dra slutsatser. En sammantagen slutsats från tidigare forskning om utveckling av elevers förståelse för naturvetenskapens karaktär, *Nature of Science* (NOS)¹, är att om eleverna ska utveckla förståelse för naturvetenskapens karaktär måste dessa frågor synliggöras explicit i undervisningen som ett innehåll (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Schwartz, Lederman & Crawford, 2004). Det finns dock en tendens att de resurser för undervisning som har utvecklats, utifrån forskning om NOS, har utformats så att frågor om naturvetenskapens karaktär frikopplas från det naturvetenskapliga undersökandet. Populära undervisningsresurser som har utvecklats utifrån forskning om naturvetenskapens karaktär är något som kallas *mystery tube* eller *mystery box*. Det är en sorts "svart låda" där eleverna får i uppgift att skapa en modell av mekanismen i lådan, som kan förklara vad som händer i lådan, utan att öppna den (till exempel varför förändras färgen på en vätska som hålls i en låda från röd till blå när den kommer ut, jämför Carvallo, 2007). En annan slags undervisningsresurs som ofta används i undervisning i tidigare skolår handlar om att eleverna ska lära sig att observera och skapa kategorisystem, exempelvis genom att sortera knappar. Tanken med denna slags aktiviteter är att eleverna ska lära sig att observera, tolka resultat och dra slutsatser som något *i sig*, som inte nödvändigtvis har en direkt koppling till ett naturvetenskapligt innehåll.

Att utveckla förmåga att delta i epistemiska praktiker

Utveckling av elevernas kunnande att formulera undersökningsbara frågor handlar om att utveckla deras förmågor att delta i praktiker som kännetecknas av kunskapsproduktion och lärande. Synsättet innebär att undervisningens sammanhang också ses som del av kunskapsinnehållet (Carlgren, 2015). För att elever ska ges möjlighet att utveckla ett kunnande att formulera undersökningsbara frågor krävs med andra ord att elever ges möjlighet att delta i undervisningspraktiker som modellerar naturvetenskapliga forskningspraktiker (jfr epistemiska spel, Sensevy, 2012).

Naturvetenskapliga forskningspraktiker skiljer sig från icke-kunskapsproduceran-

¹ Kunskap om Nature of Science, NOS, innebär förståelse för ett tänkesätt och arbetssätt som är karaktäristiskt för naturvetenskapen, alltså kunskap om naturvetenskapens karaktär. Det har identifierats som en väsentlig beståndsdel av undervisning för naturvetenskaplig allmänbildning.

Björnhammer, Andrée m.fl.

de eller vanemässiga praktiker som kännetecknas av rutiner och tradition (Knorr Cetina, 2001). I den här artikeln utgår vi från Knorr Cetinas (1997; 2001) definition av epistemiska praktiker som praktiker som kännetecknas av etableringen av *epistemiska objekt*². Knorr Cetina (2001) beskriver hur forskare utvecklar sociala relationer till objekt där forskaren blir delaktig i objektet och objektet blir delaktigt i forskaren. Begreppet epistemiska objekt introducerades av Hans-Jorg Rheinberger (1997) och presenterades då som 'epistemic things'. Med 'epistemic things' avses det som vi vill ta reda på något om i en forskningsprocess, alltså. Epistemiska objekt är dock inte "saker" med bestämda kvaliteter utan snarare öppna projiceringar av det en inte vet och vill ta reda på (Knorr Cetina, 1997; Miettinen & Virkkunen, 2005). Miettinen och Virkkunen (2005) menar att epistemiska objekt därmed också fungerar som generatörer för nya uppfattningar och lösningar och kan betraktas som en central källa till innovation och omorientering. Kännetecknande för epistemiska praktiker är också användningen av *epistemiska verktyg* för att skapa, dela och värdera/utvärdera kunskap i relation till epistemiska objekt (Kelly & Cunningham, 2019). Epistemiska verktyg kan användas som strukturerande resurser med inbyggda idéer och distinktioner avseende formulering av undersökningsbara frågor inom naturvetenskaplig undervisning (jfr Wertsch, 1998; Säljö, 2000).

Undervisning som ger möjlighet att delta i utforskandet av epistemiska objekt

Epistemiska praktiker i relation till undervisning i naturvetenskapliga ämnen kan beskrivas som praktiker "in which students learn science-as-practice, help reframe students' roles from knowledge recipients to epistemic agents individuals or groups who take, or are granted, responsibility for shaping the disciplinary knowledge and practice of a community" (Stroupe 2014 s. 492). Carlgren (2016, s. 71) pekar på att genom ett praktikgrundat kunskapsbegrepp "som också inkluderar hur kunskapen används i praktiska sammanhang kan ett skolämnets kunskapsinnehåll beskrivas som såväl ett substantiellt innehåll som särskilda sätt att kunskapa".

För undervisning i naturvetenskapliga ämnen kan etablering av ett epistemiskt objekt förstås som att utveckla en önskan hos eleverna om att utveckla kunskap om något specifikt naturvetenskapligt fenomen (Andrée, 2007). Genom att eleverna får pröva att utforska naturvetenskapliga begrepp då de formulerar naturvetenskapligt undersökningsbara frågeställningar kan projiceringen av det de inte vet och vill ta reda på få en bättre skärpa (jfr Kondrup, Wickman & Caiman, 2019). Kelly (2008) beskriver epistemiska praktiker som praktiker vilka kännetecknas av de sätt som deltagare i en praktik föreslår, motiverar, utvärderar och legitimerar kunskapsanspråk inom ett ämnesområde. I jämförelse med Kellys (2008) definition av epistemiska praktiker i naturvetenskaplig undervisning lägger vi i den här studien större vikt vid själva etablering av epistemiska objekt och hur elever genom deltagande i naturvetenskaplig undervisning kan ges möjlighet att delta i utforskandet av epistemiska objekt.

2 Epistemiska objekt är vetenskapliga kunskapsobjekt och skiljer sig från objekt i vanemässiga praktiker som är frusna, enhetliga och inneslutna i vardagliga förståelser. Epistemiska objekt är i ständig rörelse, de existerar samtidigt i en rad olika variationer och kan aldrig slutgiltigt fastställas.

Att se utveckling av elevernas deltagande i epistemiska praktiker som en fråga om att utveckla elevernas delaktighet i etablering av epistemiska objekt innebär det att eleverna bör ges möjlighet att bli delaktiga i ett utforskande som kännetecknas av en önskan om att skapa kunskap. Lärares arbete kan förstås som ett kunskapsarbete där lärare tillsammans med elever "(åter)upptäcker och (åter)skapar [...] mänsklighetens kunskapsmässiga landvinningar" (Carlgren, 2015, s. 26). I undervisning måste läraren skapa olika vägar till kunskap som omfattar både motiv och behov av aktuell kunskap (a.a.). Undervisning handlar på så sätt om att skapa situationer, eller epistemiska spel (Sensevy, 2012), där eleverna får möjlighet att utveckla kunnighet – i detta fall om att utveckla förmåga att delta i epistemiskt arbete med epistemiska verktyg i kunskapsproducerande praktiker.

I denna artikel betraktas förmågan till systematiskt undersökande som uppbyggd av olika kunnanden varav formulering av undersökningsbara frågeställningar utgör ett. Detta kunnande byggs sedan upp av olika aspekter av kunnande och knyter kunskapen till ett sammanhang genom det epistemiska objektet. Kunnande innefattar både teoretisk och praktisk kunskap och relationen kunnande-kunskapsinnehåll-kunnighet beskrivs av Carlgren (2015) som kärnan i lärares professionella objekt. Det betyder att relationer mellan människa och omvärld är central och att det blir viktigt vilka praktiker som eleverna erbjuds att delta i. Relationen mellan kunnande och kunskapsinnehåll förstås som transaktionell och i förhållande till den specifika elevgruppens kunnighet (jfr Björkholm, 2015).

Syfte och forskningsfråga

Syftet med artikeln är att beskriva innebörder av gymnasieelevers kunnande att formulera undersökningsbara frågor i naturvetenskap. I förlängningen är ambitionen att bidra till en djupare förståelse för hur förmågan att göra naturvetenskapliga undersökningar kan beskrivas och uttryckas. Studien avgränsas till undervisning i naturvetenskapliga ämnen i gymnasieskolan där utveckling av kunnandet att formulera undersökningsbara frågor har en viktig plats som förberedelse för både gymnasiearbetet och universitetsstudier. Den forskningsfråga som vi fokuserar på är:

- Vilka kvalitativa aspekter av kunnande kommer till uttryck i gymnasieelevers arbete med att formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågor?

Material och metod

Studien är genomförd som del av ett designbaserat projekt inom ramen för olika kurser i naturvetenskap i gymnasieskolan. En vanlig distinktion inom designbaserad forskning är att skilja på forskning *på* och *genom* interventioner (McKenney och Reeves 2012). Syftet i den här artikeln är inte att fokusera på designen av interventionerna och de designförändringar som genomfördes mellan cykler. Istället fokuseras på elevernas arbete med formulering och värdering av undersökningsbara frågor i naturvetenskap vilket innebär att det är en studie av data som skapats genom interventioner i form av forskningslektioner.

Björnhammer, Andrée m.fl.

Det empiriska materialet består av videofilmade och transkriberade samtal mellan elever från sex forskningslektioner som utformades för att skapa möjlighet för eleverna att arbeta med att formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågeställningar, som del av olika naturvetenskapliga kurser inom det naturvetenskapliga programmet. Totalt deltog 222 gymnasieelever i forskningslektionerna. Forskningslektioner genomfördes på tre olika gymnasieskolor och utfördes av elevernas undervisande lärare som del av den pågående undervisningen. 18 elevsamtal, fördelade mellan de olika forskningslektionerna, har filmats och transkriberats ordagrant.

De sex forskningslektionernas utformning

Forskningslektionernas utformning skiljde sig åt med avseende på kurs, naturvetenskapligt innehåll, design och elevgrupp. Variationen i forskningslektionernas utformning speglar de naturliga sammanhang som lektionerna ingår i. I likhet med studier som tar utgångspunkt i grundad teori (Glaser & Strauss, 1967) bidrar variationen i forskningslektionernas utformning till en möjlighet att synliggöra en variation av vilka kvalitativa aspekter av kunnande som kan komma till uttryck i gymnasieelevers arbete med att formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågor.

Forskningslektion 1 (FL1) var den första lektionen i kursen för gymnasiearbetet på naturvetenskapliga programmet årskurs 3 där lektionen skulle fungera som en introduktion. Eleverna gavs tre olika teman (*Honungs antibakteriella ämnen*, *LED-lampor* och *Värktabletter*) och fick i uppgift att formulera, diskutera och värdera undersökningsbara frågor, enskilt, i par och i större grupper i relation till dessa teman.

Forskningslektionerna 2 och 3 (FL2, FL3) genomfördes i kursen Kemi 1 på det naturvetenskapliga programmet åk 1. Eleverna fick i uppgift att formulera så många frågor som möjligt om batterier och att sedan kategorisera dessa utifrån begrepp som öppen/sluten, naturvetenskaplig/icke naturvetenskaplig och mätbar/icke mätbar. FL3 innehöll även ett moment där eleverna skulle planera för ett praktiskt genomförande av undersökningen. Övningen genomfördes innan eleverna hade fått arbeta med området elektrokemi och stegvis utan att avslöja ”nästa steg”.

Forskningslektion 4 (FL4) genomfördes i biologi. Under FL4 användes fysiologiska data som eleverna själva mätt upp i en idrottshall under en tidigare lektion. De fysiologiska data som mättes innefattade bland annat puls, blodtryck, reaktionshastighet, och lungfunktionstest. Eleverna fick i uppgift att arbeta gruppvis med att formulera frågeställningar utifrån insamlade data.

Forskningslektion 5 (FL5) genomfördes i naturkunskap och innefattade etologiska studier på Skansen om relationen vuxna och unga djur. Eleverna fick först en introduktion till etologi i skolan och i uppgift att formulera frågeställningar som de skulle genomföra undersökningar av vid det kommande besöket på Skansen. I samband med att eleverna skulle genomföra sina undersökningar på Skansen fick de också i uppgift att utveckla frågeställningarna. Liksom i FL4 fick eleverna i FL5 därmed en konkret och praktisk koppling till det fenomen som de formulerade frågor kring.

Under forskningslektion 6 (FL6) gavs elever på naturvetarprogrammet i uppgift att formulera undersökningsbara frågor kring värdkänslor och värtecken vilka är begrepp

som kan innefatta både biologiska, andra naturvetenskapliga och icke-naturvetenskapliga iakttagelser.

En del av variation i utformningen av forskningslektionerna har att göra med att forskningslektionerna genomfördes i tre cykler med analys och gemensam planering av kommande lektioner inom forskargruppen. I cykel 1 ingick FL1 som utformats utifrån designprinciper för arbete med formulering av frågor i undervisning utifrån modellen *Question formulation technique* (Rothstein & Santana, 2011). Efter analys av FL1 planerades cykel 2 med FL2 och 3. I dessa lektioner kopplades frågeformulering tydligare till ett specifikt kursinnehåll (i detta fall batterier) och i FL3 tillkom ett moment av att planera för en undersökning i syfte att tydliggöra formuleringen av en fråga för genomförandet av en naturvetenskaplig undersökning. Cykel 3 innefattade FL4, 5 och 6 som alla på olika sätt skapade förutsättningar för närhet mellan eleverna och de fenomen som frågorna skulle fokusera på.

Kvalitativ innehållsanalys

För att urskilja kvalitativa aspekter av kunnandet att formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågor som kommer till uttryck i elevers samtal, genomfördes en kvalitativ innehållsanalys (Graneheim & Lundman, 2004; Lundman & Hällgren Graneheim, 2017). Kvalitativ innehållsanalys har tidigare använts i forskning om undervisning och lärande som ett sätt att beskriva innehåll och tolka möjlig mening i samtal och handling (Graneheim och Lundman, 2004). Metodologiskt öppnar analysmetoden upp för att både beskriva och tolka kvalitativ data, och en central utgångspunkt är att ett och samma datamaterial kan tolkas på flera olika sätt (Sandelowski, 2011). Vilka tolkningar som blir tillgängliga i analysen beror exempelvis på forskarens tidigare erfarenheter, värderingar, syften och studiens kontext (Lincoln och Guba, 1985).

Eftersom den här studien genomfördes och analyserades i samarbete mellan flera olika lärare och forskare, bjuder innehållsanalys in till att låta deltagarnas olika perspektiv berika och kvalificera förståelsen för materialet. Analysenheterna i den här studien utgörs av elevernas samtal under respektive intervention där de arbetade med att formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågeställningar.

Kvalitativ innehållsanalys innefattar flera möjliga steg där analysenheten bryts ned till meningsenheter som därefter innehållsligt relateras till varandra i koder, kategorier och teman (Graneheim och Lundman, 2004). För att skapa en överblick och en helhetsbild av materialet läste vi först igenom transkripten i sin helhet några gånger. Därefter markerade vi *meningsenheterna*, det vill säga de utsagor där elevernas samtal riktas mot naturvetenskaplig frågeformulering. Övriga episoder lades tillfälligt åt sidan. Meningsenheterna analyserades därefter genom kondensering, kodning, kategorisering och tematisering.

Kondensering och kodning

Meningsenheterna *kondenserades* och *kodades*. Kondensering innebär att utsagorna förkortas. Kodningen innebär att de kondenserade meningsenheterna benämns på

Björnhammer, Andrée m.fl.

ett sätt som beskriver dessa innehållsligt (Graneheim och Lundman 2004). I exempel 1 nedan har vi markerat meningsenheterna med fetstil i ett samtal mellan tre elever (E1, E2 och E3) som är i färd med att formulera en frågeställning i relation till påståendet att "honung innehåller antibakteriella ämnen".

Exempel 1. *Val av kondenserade meningsenheter (fetmarkerade)*

1. E1: det var en fråga... nu ska vi välja två till
2. E2: jag kan tänka mig immunförsvaret
3. E1: den har vi också **eller resistens liksom**
4. E2: den är ju ganska intressant
5. E1: **ska vi säga resistens eller immunförvar?**
6. E3: **vad är det egentligen för skillnad på dom?**
7. E2: **det kan ju liksom ingå i det**
8. E1: ja men visst
9. E2: och sista
10. E3: **man lär väl kolla på immunförsvaret om man kollar på den frågan?**
11. E1: ja det lär man ju göra definitivt
12. E3: **resistens i immunförsvaret**

I utdraget ovan markeras där eleverna preciserar frågor att undersöka genom att de ställer begreppen *resistens* och *immunförvar* i relation till varandra och då det hjälper eleverna framåt i att formulera en naturvetenskapligt undersökningsbar frågeställning utgör de meningsenheter.

Kategorisering

När meningsenheterna hade valts ut, kondenserats och kodats, *kategoriserades* dessa. Vi var noga med att all data som relaterar till formulering av undersökningsbara frågor rymdes inom de kategorier som vi skapade.

Tabell 1 nedan visar ett exempel på hur de meningsenheter som hade valts ut kondenserades och sedan abstraherades till kod(er) och kategori(er). Koder utgörs av epistemiska verktyg och kategorier av grupper av de epistemiska verktyg som eleverna använde i rörelsen mot det epistemiska objektet. I tabellen är koderna *resistens* och *immunförvar*. Kategorin som knyter ihop, i detta fall, koderna *resistens* och *immunförvar* är *naturvetenskapliga begrepp*. Kategorin "naturvetenskapliga begrepp" svarar på frågan "vad" eleverna använder för att nära sig det epistemiska objektet.

<i>Meningsenhet</i>	<i>Kondenserad meningsenhet</i>	<i>Kod</i>	<i>Kategori</i>
E: Ska vi säga resistens eller immunförsvar? C: vad är det egentligen för skillnad på dom? P: det kan ju liksom ingå i det ... C: man lär väl kolla på immunförsvaret om man kollar på den frågan? ... C: resistens i immunförsvaret	Resistens eller immunförsvar, vad är det för skillnad? Resistens i immunförsvaret	Resistens och immunförsvar	Naturvetenskapliga begrepp

Tabell 1. Exempel på analysprocess. Meningsenheter valdes ut för att sedan kondenseras, kodas och kategoriseras.

Tematisering

Slutligen analyserades transkripten i sin helhet genom *tematisering*, för att med kategoriernas hjälp kunna urskilja teman i elevernas samtal. Graneheim och Lundman (2004) beskriver teman som röda trådar som löper genom materialet, och som binder ihop kategorier på meningsfulla sätt. Våra koder och kategorier beskriver den innehållsliga aspekten, det manifesta innehållet, medan våra teman, det latent innehåll, beskriver kvalitativa aspekter av kunnandet att formulera undersökningsbara frågor.

Framtagningen av såväl koder, kategorier och teman har formats genom ett abduktivt angreppssätt. Ett abduktivt angreppssätt innebär en rörelse mellan en induktiv och en deduktiv ansats vilket tillåter en växelverkan mellan teori och empiri (Lundman & Hällgren Graneheim, 2017). Med stöd i tidigare forskning kring epistemiska praktiker formades kategorierna i relation till de epistemiska verktyg som eleverna använde. Exempelvis fungerade de biologiska begreppen resistens och immunförsvar som epistemiska verktyg för att eleverna skulle kunna precisera ett möjligt epistemiskt objekt. Ett annat exempel på ett epistemiskt verktyg var begreppet variabler i utformning av en undersökningsmetod som användes för att operationalisera ett möjligt epistemiskt objekt. Varken kunskap om resistens eller immunförsvar eller variabler är epistemiska verktyg i sig utan blir detta när de används så de möjliggör ett arbete med epistemiska objekt. Tidigare forskning och beskrivning av epistemiska praktiker utgjorde en grund för den kvalitativa innehållsanalysen och bidrog till att begreppsliggöra elevernas interaktion som kunnande i handling.

Björnhammer, Andrée m.fl.

Etik

Studiens genomförande följer de riktlinjer som anges av Vetenskapsrådet (2017). Tillstånd till inspelningarna har införskaffats i förväg av eleverna (som var över 16 år). Eleverna informerades om forskningsprojektet och att deras arbete inte skulle användas vid bedömning och betygsättning. Studien har genomförts av en forskargrupp bestående av forskare och verksamma lärare inom ramen för Stockholm Teaching and Learning Studies (STLS). I och med att de undervisande lärarna också är forskare i projektet har det varit viktigt vid insamling och analys av data att eleverna inte ska gynnas eller missgynnas i relation till bedömning. I forskargruppen pratade vi om detta inför såväl genomförande som analys av forskningslektionerna för att påminna oss om att det var viktigt.

Resultat

När gymnasieeleverna i denna studie arbetade med att formulera undersökningsbara frågor kunde tre kvalitativa aspekter urskiljas avseende elevernas formulering av undersökningsbara frågor i naturvetenskap:

1. Precisering av det epistemiska objektet
2. Operationalisering av det epistemiska objektet
3. Värdering av frågeställningen i relation till det epistemiska objektet

De tre kvalitativa aspekterna innefattade användning av olika epistemiska verktyg och resurser i form av ämnesspecifika begrepp, naturvetenskapligt operationella begrepp, tidigare erfarenheter av undersökningsmetodik, lärarstöd, digitala verktyg (mobil) och lärobok. Nedan presenteras och exemplifieras de tre temana med utdrag som visar hur eleverna närmar sig epistemiska objekt genom arbetet med att formulera undersökningsbara frågor.

1. Precisering av det epistemiska objektet

Den första kvalitativa aspekten beskriver hur eleverna i arbetet med att formulera undersökningsbara frågor preciserade det epistemiska objektet. Preciseringen gjordes med hjälp av naturvetenskapliga begrepp och orsakssamband. Naturvetenskapliga begrepp och orsakssamband fungerade här som epistemiska verktyg.

Precisering med hjälp av naturvetenskapliga begrepp som epistemiska verktyg

De begrepp som eleverna använde för att precisera och utveckla naturvetenskapligt undersökningsbara frågor kunde handla om resistens och immunförsvar i arbetet med att formulera frågor kring antibakteriella egenskaper hos honung. I FL₃ som fokuserade på batterier kom tungmetaller att bli ett begrepp som blev användbart för eleverna i utveckling av naturvetenskapligt undersökningsbara frågor. Utdrag 1 nedan är ett exempel på hur elever preciserar ett epistemiskt objekt med avseende på batterier och batteriers miljöfarlighet.

Utdrag 1: *Elever samtalar om vilka farliga ämnen batterier innehåller. (gruppdiskussion i åk 1 Gy, FL3)*

1. Josef: Alltså batterier innehåller mest zink ... Eller? Det finns gaser också i batteriet. Då kan vi använda oss av experimentet vi hade i biologi, för att undersöka skadligheten i ämnena
2. David: Men är inte ... Hmmm ... Vilket ämne var det i batterierna som var hela tiden ... Det var ett ämne som vi tyckte det var jättefarligt
3. Lärare: Tungmetaller
4. David: Vilka då?
5. Lärare: Kadmium eller kvicksilver?
6. David: Ja jag tänkte också kvicksilver eller kadmium Det är därför man är så noga att ta batterier till batteriholk (*skriver*) Så kadmium och kvicksilver det är tungmetaller och de är de man syftar väldigt mycket på
7. Josef: Vi borde fokusera på dom

I samtalet ger eleverna uttryck för en önskan att undersöka batterier i relation till miljöpåverkan och genom erfarenheter av orsakssamband börjar Josef (rad 1) precisera det epistemiska objektet. De fastnade en stund och David vände sig till läraren som bidrog med begreppet tungmetaller (rad 3). Genom att läraren berättade att batterier innehåller tungmetaller i form av "kadmium eller kvicksilver" (rad 5) så kunde eleverna precisera det epistemiska objektet vidare. Genom förflyttningen från "ett ämne" [som var] "jättefarligt" till "tungmetaller" "kadmium eller kvicksilver" preciserar eleverna därmed en undersökning av skadlighet. På så vis kan naturvetenskapliga begrepp fungera som epistemiska verktyg för avgränsning och precisering av ett epistemiskt objekt.

Precisering med hjälp av orsakssamband som epistemiska verktyg

Ett epistemiskt verktyg som eleverna använde i precisering av epistemiska objekt var orsakssamband. I utdrag 2 nedan arbetar elever i årskurs 3 med att ställa undersökningsbara frågor utifrån temat våren. De intresserar sig för hur vädret påverkar miljön för djur och växter.

Utdrag 2: *Elever diskuterar vårtecken och samband mellan väder och natur. (gruppdiskussion i åk 1 Gy, FL6)*

1. Sara: ja vi tänkte ta samma fråga...eller ska vi ta den här ja vet inte
2. Elin: okej men om vi säger hur vädret och miljön ... alltså först kan man ju tänka ... om vi börjar med flyttfåglar ... dom kommer ... dom flyttar ju ner ... eller dom flyger ju söderut för och komma till varmare breddgrader
3. Sara: mm

Björnhammer, Andrée m.fl.

4. Elin: sen när dom åker tillbaka igen ... alltså om det är kallt är det ju inte säkert att dom överlever
5. Sara: nej
6. Elin: om det blir kallt under en lite längre period
7. Sara: nu är du inne på den
8. Elin: m ... knoppar på träd kan ju också liksom ... jag vet inte om det behövs värme om dom blir köldskadade liksom
9. Sara: ja och ljus och om det är snö och regn det hindrar växten att växa

I samtalet ovan formulerar eleverna en relation mellan väder – miljö och flyttfåglars flyttbeteende. Väder – miljö preciseras sedan till kallt, värme, ljus, snö och regn. Eleverna jämför flyttfåglars beteende med växter och träd och att det behövs värme för att knoppar på träd ”inte ska bli köldskadade”. Samtalet är ett exempel på hur eleverna kan använda ett gemensamt kunnande kring orsakssamband för att tillsammans formulera fram en precisering.

2. Operationalisering av det epistemiska objektet

Den andra kvalitativa aspekten beskriver hur eleverna i arbetet med att formulera undersökningsbara frågor operationaliserade det epistemiska objektet genom att urskilja och beskriva variabler, att omformulera frågor till att bli mer undersökningsbara samt att utveckla metoder för att undersöka frågor.

Operationalisering genom omformulering till en undersökningsbar fråga

I följande utdrag 3 samtalar tre elever om hur en undersökningsbar fråga bör formuleras. Inledningsvis föreslår Josef att en fråga inte bör formuleras som en ja- och nej-fråga.:

Utdrag 3: *Samtal om hur man kan avgränsa en fråga (gruppdiskussion i åk 1 Gy, FL3)*

1. Josef: Men jag anser att vi borde omformulera frågan [Påverkar batterier miljön?]. För att det blir som en ja och nej fråga
2. David: Hur ska vi omformulera den vi har den med kadmium och kvicksilver?
3. Josef: Ja men då ser vi *Hur påverkar batterier?*
4. David: Ska vi säga då *Hur påverkar batteriets ämne?*
5. Daniella: *Hur påverkar de farligaste ämnena i batterierna miljön?*
- [...]
6. Josef: Antingen väljer vi ett ämne från batterier eller så väljer, ja vi måste börja med ämnet, så kollar vi hur ämnet påverkar naturen.

I utdraget ger Josef uttryck för att frågan bör omformuleras så att den blir mer öppen (rad 1) och Josef adderar "hur" till frågan (rad 3) vilket öppnar upp frågan från att bara kunna svara på om batterier påverkar miljön till hur de påverkar miljön.

Operationalisering med hjälp av formulering av variabler

I ett annat exempel (utdrag 4) operationaliserar eleverna det epistemiska objektet genom att resonera kring frågeställningen utifrån variabler och storheter. Att eleverna ska diskutera variabler och storheter ingår i uppgiftsbeskrivningen eleverna fått.

Utdrag 4: *Samtal om variabler som kan användas för en undersökning (gruppdiskussion i åk 1 Gy, FL6)*

1. Kim: Variabler, vilka variabler och storheter skall undersökas och mätas?
2. [...]
3. Sandra: Vänta! Vad är en storhet?
4. Kim: Jag antar. Hur skall vi kunna undersöka det här? Vad är det vi skall kolla på.
5. Sandra: Okej
6. Kim: Visst är det så? Vilka variabler och storheter skall mätas. Är det vad man skall kolla på?
7. Robin: Ja, alltså, variabler. Ja, vad man skall mäta.
8. Kim: Okej. Typ såhär, olika djurs parningsbeteenden typ.
9. Sandra: Ja. Vi börjar med (*skriver*) olika parningsbeteenden
10. Robin: Mm ... vad som kan mätas mm alltså under hur lång tidsperiod någonting är.
11. Kim: Mmm
12. Sandra: Men jag vet inte riktigt.
13. Kim: Eller så här *ehh* eller så här. Fördelen med att *ehm* att para sig på våren.
14. [...]
15. Sandra: Eller årstid påverkandet.
16. Kim: Mmm

I exemplet lyfter Kim frågan om vilka variabler och storheter de ska titta på (rad 1). Detta leder till att de diskuterar vad variabler och storheter är (rad 3-7). De enas om att variabler handlar om vad de ska mäta (rad 6 och 7) och nämner olika djurs parningsbeteenden (rad 8), tid (rad 10) samt årstid (rad 13 och 15). Även om variabler och storheter inte är lika vanligt förekommande i systematiska undersökningar inom biologiundervisningen som fysikundervisning ser vi i exemplet hur variabelbegreppet blir användbart för eleverna i samtalet om vad de ska mäta.

I operationaliseringen av epistemiska objekt blev elevernas kunskaper om hur en

Björnhammer, Andrée m.fl.

undersökning kan genomföras betydelsefulla. I utdrag 5 ser vi hur en grupp elever använder sina erfarenheter av biologiska undersökningsmetoder för att operationalisera det epistemiska objektet.

Operationalisering med hjälp av erfarenheter av undersökningsmetoder

Utdrag 5: Metodutveckling
(gruppdiskussion i åk 1 Gy, FL3)

1. Josef: Eah du menar att vi ska testa ett annat ämne? Ja i och för sig jag tror inte att det spelar nån roll, att det är viktigt vilket ämne man väljer. Man vet lika mycket om zink som om kvicksilver ... Det är mer spännande om kanske vi ... Jag menar när vi gjorde biologi labben så visste vi på ett ungefär att koppar, frågan var liksom.
2. [...]
3. David: Att verkligen inse, inse det själv att kanske det optimala här är att blanda som i biologi, kanske till exempel blanda mungbönor. För att verkligen se hur mycket, till exempel kvicksilver eller kadmium har påverkat den där mungböna och på det där sättet på ett ungefär få inblick i hur det skulle påverka naturen ... På ett ungefär tycker jag då. Vad tycker ni?
4. Josef: Jag menar allt det här är på låtsas.
5. Daniella: Men grejen är att tungmetaller har vi redan svarat på frågan och att detta kan mätas. Det kan mätas genom till exempel mungböna.
6. David: Ja och sen så som vi gjorde med mungböna. Vi tog fram statistik hur många som, hur många som klarade sig för det första, hur långa de blev både stjälken och rötterna och sedan hur många blad de fick.

I utdraget utvecklar eleverna en frågeställning om batterier och miljöpåverkan genom att koppla frågeställningen till en undersökningsmetod som de har tidigare erfarenhet av. Daniella konstaterar "grejen är att tungmetaller har vi redan svarat på frågan och att detta [tungmetallens påverkan] kan mätas" (rad 5). Den tidigare genomförda undersökningen i form av ett odlingsförsök med mungbönor fungerade på så sätt som ett epistemiskt verktyg som eleverna kunde använda för att strukturera och precisera en möjlig undersökning och i förlängningen en möjlig frågeställning.

3. Värdering av frågeställningen i relation till det epistemiska objektet

Den tredje kvalitativa aspekten beskriver hur eleverna arbetade med att formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågeställningar genom att kontinuerligt värdera begynnande frågeställningar utifrån olika aspekter som de ansåg var värdefulla för en frågeställning. I samtalen synliggjordes klassificeringar som eleverna använde för att värdera frågeställningar i relation till det epistemiska objektet. Dessa klassificeringar fungerade på så vis som epistemiska verktyg i elevernas arbete med att sortera, värdera och precisera frågeställningar som: naturvetenskapliga eller inte, mätbara eller inte samt viktiga eller inte.

Värdering med hjälp av en definition av vad som är en naturvetenskaplig fråga

När eleverna värderade frågan, utifrån mätbar eller inte, gjorde de kopplingar till vad som räknas som naturvetenskapligt. I utdrag 6 frågar läraren: "Vad är en naturvetenskaplig frågeställning?" och tre elever samtalar i grupp kring vad som är naturvetenskapligt och icke-naturvetenskapligt.

Utdrag 6: *Samtal om vad som menas med naturvetenskaplig frågeställning. (Gruppdiskussion i åk 1 Gy, FL3)*

1. Melinda: En naturvetenskaplig fråga kan ju vara om den innehåller naturvetenskap ... naturvetenskapliga begrepp och som kanske ... har med naturvetenskap att göra. Alltså man tänker inom biologi, kemi, fysik ... alltså det är ganska svårt att ha en konkret kategorisering ... Ändå känner man ... ja det har med naturvetenskap att göra.
2. [...]
3. Melinda: Vad är det som gör ett batteri bra? ... Det skrev jag som icke naturvetenskapligt eftersom de är ju så här alltså ... eller man kan ju jämföra batterier men det är inte så naturvetenskapligt.
4. Nadja: Nej
5. Melinda: Kan batterier påverka miljön? Har batterier en påverkan på miljön ... nej, den är inte naturvetenskaplig (suddar i sina papper). Vad är det i varje compound som påverkar miljön? Alltså jag vet inte, det känns lite svårt att förklara vad som är en naturvetenskaplig fråga ...

I utdraget ovan diskuterade eleverna vad som räknas som en naturvetenskaplig fråga. Melinda definierar naturvetenskaplig fråga som att det skall handla om "biologi, kemi och fysik ..." och de skall innehålla "naturvetenskapliga begrepp". De säger att frågor som handlar om miljö inte är naturvetenskapliga men visar tveksamhet och konstaterar samtidigt att det är svårt att förklara. Eleverna uttrycker att de saknar en tydlig definition att hålla sig till vilket dessutom är svårt då naturvetenskapliga metoder används i många andra områden, exempelvis som metod för att svara på samhällsvetenskapliga frågor. En annan grupp diskuterade gränsdragning för vad som räknas som naturvetenskap kopplat till uppfinningar av batterier. Själva uppfinningen (batteriet) räknades som naturvetenskaplig men frågan om vem som uppfann batteriet betraktades inte som lika naturvetenskaplig: "Vem har uppfunnit batteriet? Den är tveksam ... men eftersom den som har uppfunnit batteriet, är en vetenskapsman, har använt sig av vetenskapliga metoder ... batterier är naturvetenskap för de har ett naturvetenskapligt ursprung".

Värdering med hjälp av en uppfattning om vad som är mätbart och vad som är viktigt

Som ett led i värderingen av de frågor som eleverna formulerade resonerade de kring om frågorna är mätbara och viktiga. I utdrag 7 berättar David och Josef för varandra om vilka frågor som de har skrivit utifrån temat batterier (rad 1 och 2).

Björnhammer, Andrée m.fl.

Utdrag 7: *Värdering av om en naturvetenskaplig fråga är mätbar och viktig.*
(Ur gruppdiskussion i åk 1 Gy, FL3)

1. David: Jag hade två frågor. Den första frågan är: Hur påverkar batterier vår miljö? Det är en öppen fråga och troligen också naturvetenskaplig men den är svår att mäta. Jag vill skriva om den, jag vill omformulera den så den ska bli enklare att mäta men jag tycker att den är bra då den är viktig och kritisk. Sen, den andra frågan är om dom giftiga ämnen som finns i batterier och mer specifikt hur dom påverkar naturen. Det är ungefär, det är lite liknande frågor men som sagt den andra frågan är lite mer specifik. Här kan man gå djupare ifall det är övergödning eller ifall det är försurning och så vidare.
2. Josef: Jag har två exempel. Det här exemplet är: Vad händer med elektronerna i batterier? Där vill jag analysera elektronernas funktion i batterier, hur dom ... materialet dom sitter på? ... Sen har jag valt en annan fråga men jag tyckte att det är en rätt sluten fråga så jag tyckte inte den var så bra. Jag valde en annan fråga som är om batterierna är farliga och i så fall hur? Där jag tänkte undersöka ett antal riskfaktorer och hur de påverkar miljön.
3. [...]
4. David: Ja de är i stort sett väldigt liknande, men den första frågan den är väldigt rolig ... men hur kan man mäta det?

David inleder med att berätta om de frågor som han har formulerat. Den första frågan tycker han inte är så bra med motiveringen att den "är svår att mäta" (rad 1). Den andra frågan "om dom giftiga ämnen som finns i batterier och mer specifikt hur dom påverkar naturen" beskriver han som liknande men mer specifik och att den öppnar upp för "djupare" undersökningar. Josef ger å andra sidan exempel på en fråga som han inte tyckte var så bra eftersom den var "rätt sluten". I sista utsagan värderar David hur "rolig" frågan är gentemot mätbarheten. En frågas värde blir på så vis en avvägning mellan angelägenhet och mätbarhet.

Diskussion och slutsatser

I studien kunde tre kvalitativa aspekter urskiljas av gymnasieelevernas kunnande i att formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågor: (1) *precisering av det epistemiska objektet*, (2) *operationalisering av det epistemiska objektet* och (3) *värdering av frågeställningen i relation till det epistemiska objektet*. Dessa tre kvalitativa aspekter visar hur förmågan till systematiskt undersökande kan komma till uttryck i naturvetenskaplig undervisning i gymnasieskolan och hur utveckling av elevers förmåga att göra naturvetenskapliga undersökningar kan stödjas.

Epistemiska objekt och naturvetenskapliga undersökningar

Tidigare forskning visar på vikten av att elever får producera naturvetenskapliga fenomen som en del av naturvetenskapligt undersökande, vilket innebär en process som är kroppslig och som kräver tid, ansträngning och insikt i naturvetenskapens stora berättelser (Kondrup, Wickman och Caiman, 2019). Resultaten från den här

studien visar att också utvecklingen av undersökningsbara frågor förutsätter en materialitet – en erfarenhet och närhet till något som kan transformeras till ett fenomen och en erfarenhet och närhet till konkreta undersökningsmetoder. Detta framstår som lättare för den som har god erfarenhet av det naturvetenskapliga arbetssättet och som använder språk som genererats ur teoretiska generaliseringar av naturvetenskapliga arbetssätt. Vi såg att när eleverna resonerade kring oberoende och beroende variabler samt vilka variabler som skulle kontrolleras kunde eleverna lättare resonera kring och rama in möjliga utfall av en fråga.

För att eleverna ska kunna formulera frågor som kan bli undersökningsbara och naturvetenskapligt relevanta så ser vi att det underlättar om de känner till det ämnesområde som ska undersökas. Det handlar om tillgång till de naturvetenskapliga sammanhang som kan göra undersökningar meningsfulla. När eleverna saknar tillgång till naturvetenskapliga begrepp och samband av betydelse för urskiljandet av ett epistemiskt objekt tenderar elevernas frågor att få karaktären av "inramningsfrågor" eller "skolboksfrågor". Alltså frågor som syftar till att eleverna ska lära sig mer om något – som vad batterier innehåller eller vem som uppfann batteriet. Denna slags frågor kan bidra till att skapa en förståelse för ämnesområdet vilket i sin tur kan ses som en förutsättning för att kunna ställa mer preciserade undersökningsbara frågor. Däremot innebär inte formuleringen av dessa frågor att eleverna etablerar ett epistemiskt objekt.

Betydelsen av områdesspecifika epistemiska verktyg

De epistemiska verktyg, i form av språk och begrepp, som bygger in idéer och distinktioner avseende formulering av undersökningsbara frågor inom naturvetenskaplig undervisning, kan fungera som strukturerande resurser för en undersökning (Wertsch, 1998). Begrepp är inte i sig själva epistemiska verktyg (jfr Kelly och Cunningham, 2019) men de kan bli det i den mån eleverna kan använda begreppen för att skapa en skarpare projicering av det epistemiska objektet.

Denna studie visar att de epistemiska verktyg eleverna använder som resurser för att närma sig det epistemiska objektet är mer specifika än att bara ordnas inom kategorin naturvetenskap. Det handlar om användning av ämnesspecifika begrepp som tungmetaller (kadmium eller kvicksilver) men även system för att klassificera frågor (naturvetenskapliga – icke-naturvetenskapliga och mätbara – icke-mätbara). Det handlar också om användning av begrepp och metoder för undersökande som begreppen variabler, samband och kontrollerade experiment tillsammans med odling av mungbönor som sätt att genomföra ett kontrollerat experiment.

Resultaten är därmed i linje med den vetenskapsteoretiska kritik som bland andra Knorr Cetina (1999) formulerat mot idéer om att det finns *en* slags kunskap, *en* slags naturvetenskap och *en* slags naturvetenskaplig metod. Få vetenskapsteoretiska forskare har tidigare fokuserat på ontologiska och metodologiska skillnader inom naturvetenskaperna bakom uppdelningen i ämnen och discipliner. Genom att lyfta fram skilda empiriska ansatser, ontologisk förståelse av mätinstrument och olika sociala organisationer synliggör hon mångfalden och fragmenteringen av nutida naturve-

Björnhammer, Andrée m.fl.

tenskapliga kunskapskulturer (Knorr Cetina, 1999). En ytterligare dimension av disciplinära gränsdragningar är att de epistemiska verktyg som eleverna använde för att kategorisera vad som var viktigt eller oviktigt, som att frågan är en kritisk fråga, sträcker sig utöver den traditionella ramen för naturvetenskap (jfr Kelly, 2018).

Den här studien visar på hur den del av det systematiska undersökandet, som handlar om formulering av undersökningsbara frågor i naturvetenskap, förutsätter tillgång till områdesspecifika epistemiska verktyg i form av specifika naturvetenskapliga begrepp. De epistemiska verktygen är nödvändiga för att precisera och tala om objekt och fenomen, men också för att närma sig fenomen metodiskt eller för att på mer generell nivå klassificera och värdera olika typer av frågor.

En fråga för utveckling av undervisning kring formulering av undersökningsbara frågor i naturvetenskap är hur elever i gymnasieskolan kan erbjudas tillgång till en bredd av epistemiska verktyg (jfr Kelly & Cunningham, 2019). Resultaten från den här studien visar på betydelsen av hur läraren arrangerar situationen då eleverna får arbeta med att formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågor. Den grupp elever som aktualiserade odling av mungbönor som sätt att operationalisera ett kontrollerat experiment kunde komma lite längre i preciseringen av det epistemiska objektet än andra elevgrupper i samma klass. När eleverna får arbeta tillsammans med sina klasskamrater, om de får ställa frågor till läraren under tiden, om de får slå upp i böcker och söka på nätet så kan inramningen av temat fungera som en ingång och ett sätt för eleverna att närma sig ett epistemiskt objekt som de så småningom kan formulera potentiellt undersökningsbara frågor i relation till. Resultaten exemplifierar därmed den typ av epistemiska praktiker i naturvetenskaplig undervisning som Kelly (2008) skisserar. Vidare forskning behövs för att studera hur sådana undervisningspraktiker kan utformas för att främja utveckling av elevernas förmåga att handla med epistemiska verktyg i en process att projicera naturvetenskapliga epistemiska objekt.

Avslutande ord

De kvalitativa aspekter av gymnasieelevernas kunnande i att formulera naturvetenskapligt undersökningsbara frågor, som identifierats i den här studien, är relaterade till etableringen av ett epistemiskt objekt. Även om tillgång till ett språk för att tala om naturvetenskapligt undersökande och naturvetenskapernas karaktär kan fungera som redskap i formulering av undersökningsbara frågor är det som redskap i utforskandet av ett epistemiskt objekt som de blir användbara för eleverna.

Systematiskt undersökande i skolan presenteras inte sällan som en generell förmåga som handlar om att observera, tolka resultat och formulera slutsatser. En sammantagen slutsats från tidigare forskning om utveckling av elevers förståelse för NOS är att om elever ska utveckla förståelse för NOS måste dessa frågor synliggöras i undervisningen som ett explicit innehåll (Lederman, 2007). Det har funnits en tendens att de resurser för undervisning som utvecklats utifrån forskning om NOS utformats så att frågor om naturvetenskapens karaktär frikopplas från det naturvetenskapliga undersökandet (jämför *mystery tube* och sortering av knappar). Tanken med denna slags aktiviteter är att eleverna ska lära sig att observera, tolka resultat och dra slut-

satser som något i sig utan direkt koppling till ett specifikt naturvetenskapligt innehåll. I relation till resultaten i denna studie kan undervisningsresurser som *mystery tube* och sortering av knappar i bästa fall generera verktyg som genom handling i en specifik kontext kan bli till epistemiska verktyg.

Referenser

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, vol. 22, nr. 7, ss. 665-701.
- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, vol. 41, nr. 1, ss. 16-25.
- Andrée, M. (2007). *Den levda läroplanen: En studie av naturorienterande undervisningspraktiker i grundskolan*, HLS förlag.
- Björkholm, E. (2015). Teknik i de tidiga skolåren: om vad det innebär att kunna konstruera en länkmekanism. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, vol. 11, nr. 1, ss. 35-53.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, vol. 2, nr. 2, ss. 141-178.
- Carlgren, I. (2015). *Kunskapskulturer och undervisningspraktiker*. Göteborg: Daidalos.
- Carlgren, I. (2016). Förmågor och bildning – Paul Hirsts kunskapsformer och praktikvändning i ljuset av den kunskapsteoretiska praktikvändningen. I M. Elmgren, M. Folke-Fichtelius, S. Hallsén, H. Román & W. Wermke (Red.) *Att ta utbildningens komplexitet på allvar. En vänskrift till Eva Forsberg*. (Uppsala Studies in Education No 138). (ss. 70-81). Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis.
- Cavallo, A. (2007). Draw-a-Scientist/Mystery Box. *Science and Children*, vol. 45, nr. 3, ss. 31-41.
- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, vol. 86, nr. 2, ss. 175-218.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. I E. Scanlon & T. O'Shea (Red.), *New directions in educational technology* (ss. 15-22). Berlin: Springer-Verlag.
- Crawford, B., Krajcik, J. & Marx, R. (1999). Elements of a community of learners in a middle school science classroom. *Science Education*, vol. 83, nr. 6, ss. 701-723.
- Dewey, J. & Bentley, A. F. (1949/1989). Knowing and the known. I J. A. Boydston (Red.), *John Dewey; The Later Works 1949-1952*, (vol. 16, ss. 1-280). Carbondale, IL: Southern Illinois University Press.
- Eriksson, I. & Lindberg, V. (2016). Enriching 'learning activity' with 'epistemic practices' – enhancing students' epistemic agency and authority. *Nordic Journal of Studies in Educational Policy*, vol. 2016, nr. 1. DOI: 10.3402/nstep.v2.32432.
- Gibson, H. L. & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, vol. 86, nr. 5, ss. 693-705.

Björnhammer, Andrée m.fl.

- Graneheim, U. H. & Lundman, B. (2004). Qualitative content analysis in nursing research: concepts, procedures and measures to achieve trustworthiness. *Nurse Education Today*, vol. 24, nr. 2, ss. 105-112.
- Gyllenpalm, J., Wickman, P. O. & Holmgren, S. O. (2010). Teachers' language on scientific inquiry: Methods of teaching or methods of inquiry? *International Journal of Science Education*, vol. 32, nr. 9, ss. 1151-1172.
- Högström, P., Ottander, C. & Benckert, S. (2006). Lärares mål med laborativt arbete: Utveckla förståelse och intresse. *Nordic Studies in Science Education*, vol. 2, nr. 3, ss. 54-66.
- Kelly, G.J. (2008). Inquiry, Activity and Epistemic Practice. I R.A. Duschl & R.E. Grandy (Red.), *Teaching scientific inquiry. Recommendations for Research and Implementation* (ss. 99-117). Rotterdam: Sense Publishers.
- Kelly, G.J. & Licona, P. (2018). Epistemic practices and science education. I M. Matthews (Red.), *History, philosophy and science teaching. New Perspectives* (ss. 139-165). Cham: Springer.
- Kelly, G.J. & Cunningham, C.M. (2019). Epistemic tools in engineering design for K-12 education. *Science Education*, vol. 103, nr. 4, ss. 1080-1111.
- Knorr Cetina, K. (1997). Sociality with Objects. Social Relations in Postsocial Knowledge Societies. *Theory, Culture & Society*, vol. 14, nr. 4, ss. 1-30.
- Knorr Cetina, K. (1999). *Epistemic cultures - how the sciences make knowledge*. Cambridge: Harvard University Press.
- Knorr Cetina, K. (2001). Objectual practice. I T. Schatzki, K. Knorr Cetina & E. Savigny (Red.), *The Practice Turn in Contemporary Theory*, (ss. 175-188). London: Routledge.
- Lager-Nyqvist, L., Wickman, P.-O., Lundegård, I., Lederman, J.S. & Lederman, N.G. (2011). Vad lär sig och minns elever om att göra naturvetenskapliga undersökningar? Att bedöma begreppsligt vetande och praktiskt kunnande. I R. Säljö (Red.), *Lärande och minnande som social praktik* (ss. 106-125). Stockholm: Norstedts Förlag.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. I S. K. Abell & N. G. Lederman (Red.), *Handbook of Research on Science Education* (ss. 831-879). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Lincoln, Y.S. & Guba, E.G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Thousand Oaks: Sage.
- Lunde, T., Rundgren, C.-J. & Rundgren, S.-N. C. (2015). När läroplan och tradition möts–hur högstadielärare bemöter yttre förväntningar på undersökande arbete i naturämnesundervisningen. *Nordic Studies in Science Education*, vol. 11, nr. 1, ss. 88-101.
- Lundman, B. & Hällgren Graneheim, U. (2017). Kvalitativ innehållsanalys. I B. Hög-lund Nielsen & M. Granskär (Red.). *Tillämpad kvalitativ forskning inom hälso- och sjukvård*, vol. 3, nr. 1, ss. 211-226.
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2014). *Educational design research. Handbook of research on educational communications and technology* (ss. 131-140). London: Routledge.

- Miettinen, R. & Virkkunen, J. (2005). Epistemic objects, artefacts and organizational change. *Organization*, vol. 12, nr. 3, ss. 437-456.
- Hirst, P. (1974). *Knowledge and the Curriculum: A collection of philosophers papers*. London: Routledge.
- Rheinberger, H.-J. (1997) *Toward a History of Epistemic Things: Synthesizing Proteins in the Test Tube*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Sandelowski, M. (2011). When a cigar is not just a cigar: Alternative takes on data and data analysis. *Research in Nursing & Health*, vol. 34, nr. 4, ss. 342-352.
- Skolinspektionen (2015). *Alla redo för högskolan? En granskning av gymnasiearbetets rapporter*.
- Skolverket (2011). *Läroplan, examensmål och gymnasiegemensamma ämnen för gymnasieskola 2011*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2012). *Gymnasiearbete för högskoleförberedande examen*. Tillgänglig [https://www.skolverket.se](https://www.skolverket.se/download/18.49f081e1610d8875002f93/1517837981645/Introduktionstext%20gymnasiearbetet%20h%C3%B6gskolef%C3%B6rberedande.pdf) [Hämtad den 29 maj 2020 från <https://www.skolverket.se/download/18.49f081e1610d8875002f93/1517837981645/Introduktionstext%20gymnasiearbetet%20h%C3%B6gskolef%C3%B6rberedande.pdf>].
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, vol. 88, nr. 4, ss. 610-645.
- The Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, vol. 32, nr. 1, ss. 5-8.
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. & Nieveen, N. (Red.), (2006). *Educational Design Research*. London: Routledge
- Vetenskapsrådet (2017). *God Forskningsed*. Stockholm: Vetenskapsrådet