

# Laborationer i naturvetenskaps- undervisningen

Skolforskningsinstitutets  
systematiska översikter



## Laborationer i naturvetenskapsundervisningen

### PROJEKTGRUPP:

Johan Wallin, fil.dr (projektledare)

Eva Bergman (informationsspecialist)

Maria Bergman (projektassistent)

Niklas Gericke, professor, Institutionen för miljö- och livsvetenskaper, Karlstads universitet (extern forskare)

Per Högström, universitetslektor, Akademin för lärande, humaniora och samhälle, Högskolan i Halmstad (extern forskare)

### EXTERNA GRANSKARE:

Karolina Broman, universitetslektor, Institutionen för naturvetenskapernas och matematikens didaktik, Umeå universitet

Jesper Sjöström, biträdande professor, Institutionen för naturvetenskap, matematik och samhälle, Malmö universitet

Kristina Bergmark, fil.dr, leg. gymnasielärare i kemi och matematik, Tullinge gymnasium

Annika Linell, leg. lärare åk 7–9, Ma/NO/Tk, Särö skola, Kungsbacka och doktorand, Institutionen för filosofi, lingvistik, vetenskapsteori, Göteborgs universitet

GRAFISK FORM: Familjen Pangea och Skolforskningsinstitutet

OMSLAGSFOTO: Anna Hedman

ILLUSTRATIONER: Åsa Jóhannsdóttir

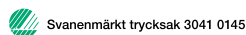
TRYCK: Lenanders Grafiska AB, Kalmar, 2020

ISBN: 978-91-985316-3-3

CITERA DENNA RAPPORT: Skolforskningsinstitutet. *Laborationer i naturvetenskapsundervisningen*. Systematisk översikt 2020:01. Solna: Skolforskningsinstitutet. ISBN 978-91-985316-2-6.

©Skolforskningsinstitutet

[www.skolfi.se](http://www.skolfi.se)





Skolforskningsinstitutet verkar för att undervisningen i förskolan och skolan bedrivs på vetenskaplig grund. Det gör vi genom att:

- sammanställa forskningsresultat
- bevilja forskningsmedel för praktisknära forskning.

# Förord

Naturvetenskaplig kunskap genomsyrar vårt samhälle och det är viktigt att undervisningen ger eleverna goda möjligheter att utveckla sådan kunskap och en förståelse av hur den blir till. En bärande idé med att elever får göra laborationer i skolan är att de ska få möjlighet att förstå vad naturvetenskapliga undersökningar är och hur de kan göras. Laborationer används också i syfte att fördjupa elevernas kunskaper i naturvetenskapsämnena, för att väcka fascination för naturen och för att elever ska lära sig att själva kunna undersöka saker på ett tillförlitligt sätt.

Översiktens inriktning grundas på behov som framkommit i samtal med lärare och forskare inom området, skolorganisationer samt i myndighetsrapporter. Lärare i naturvetenskapliga ämnen efterfrågar mer kunskap om hur laborationer kan användas i olika syften och hur laborationsundervisningen kan utvecklas och det är därför värdefullt att denna systematiska översikt, *Laborationer i naturvetenskapsundervisningen*, adresserar dessa frågor.

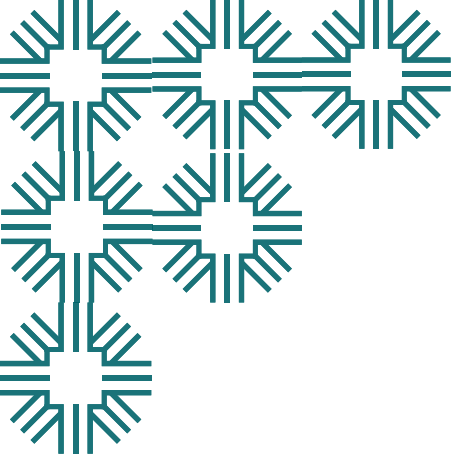
En systematisk översikt ger inte alltid några enkla svar och råd som direkt kan tillämpas i undervisningen. Min förhoppning är i stället att översikten kan utgöra ett viktigt underlag när verksamma kollegialt diskuterar metoder och arbetssätt i naturvetenskapsundervisningen och i kompetensutvecklingsinsatser. Eftersom översikten fokuserar på undervisning i biologi, fysik och kemi i grundskolans högstadium och i gymnasieskolan är det lärare i dessa ämnen och årskurser som är översiktens primära målgrupper.

Det krävs många olika personer och typer av kompetenser för att producera en systematisk översikt. Internt på myndigheten är det i mångt och mycket ett lagarbete men projektgruppen, ledd av Johan Wallin, har förstås stått för den största arbetsinsatsen. Ett stort tack till projektets två externa forskare, Niklas Gericke och Per Högström, som deltagit i arbetet från ax till limpa: urval av studier, granskning, analys och syntesarbete samt författande.

Utöver dessa personer vill jag tacka forskarna Karolina Broman och Jesper Sjöström för granskning och värdefulla synpunkter på en tidigare version av översikten. De forskare som vi anlitar för olika uppgifter säkerställer en hög vetenskaplig nivå på våra översikter. Men för att översikterna ska komma till användning i undervisningen måste de också vara skrivna på ett sådant sätt att de verksamma har behållning av dem. Därför vill jag även tacka lärarna Kristina Bergmark och Annika Linell, som gett kloka synpunkter ur främst ett sådant mottagarperspektiv. Slutligen vill jag tacka Karin Bårman och Mats A. Hansson, Skolverket, som bidragit med värdefulla synpunkter med utgångspunkt i Skolverkets arbete inom samma område.

Skolforskningsinstitutet, september 2020

*Camilo von Greiff*  
Direktör



# Att utveckla undervisningen med stöd av systematiska översikter

Syftet med en systematisk översikt är att sammanställa den bästa tillgängliga vetenskapliga kunskap som finns i relation till en viss fråga, vid den tidpunkt då översiktsarbetet genomförs. En systematisk översikt kännetecknas av öppet redovisade och strukturerade metoder för att identifiera, välja ut och sammanställa forskningsresultat. Det ska vara möjligt att följa och värdera arbetet som lett fram till urvalet av forskning och sammanställningen av resultaten. Den som läser en systematisk översikt ska själv ha möjlighet att ta hänsyn till ytterligare forskning som eventuellt har tillkommit efter det att översikten har publicerats och som kan komplettera översiktens slutsatser.

Skolforskningsinstitutets systematiska översikter är i första hand till för förskollärare och lärare. De riktar sig också till skolledare och andra beslutsfattare som på olika sätt kan främja goda förutsättningar för en undervisning på vetenskaplig grund. Våra översikter erbjuder forskningsbaserad kunskap som kan underlätta för de verksamma att utveckla undervisningen samt att göra professionella bedömningar av vad som kan behöva utvecklas för att främja barns och elevers utveckling och lärande. Skolforskningsinstitutets systematiska översikter baseras oftast på forskningsstudier inom ramen för ett visst skolämne, vissa årskurser och specifika undervisningsmoment. Översikterna kan trots det innehålla analyser och slutsatser som kan vara intressanta för lärare som undervisar utanför de avgränsningar som vi har gjort.

Vår ambition är att översikterna ska ge vägledning och insikter som är till nytta för att uppnå hög kvalitet i undervisningen. Det handlar dock inte om manualer som kan följas till punkt och pricka; man måste alltid göra en lokal anpassning. När översikternas resultat integreras i undervisningen är det viktigt att ta hänsyn till egna kunskaper och bedömningar, kollektiva och individuella erfarenheter samt behoven hos just de barn eller elever som en lärare möter.

## Arbetsgången för Skolforskningsinstitutets systematiska översikter

Skolforskningsinstitutets systematiska översikter genomförs i projektförm. I projektgruppen ingår både externa forskare med särskild ämneskompetens inom översiktens område och medarbetare vid institutet. I figur 1 beskriver vi de olika stegen i arbetsgången kortfattat. För en ingående beskrivning av metod och genomförande för denna systematiska översikt, se kapitel 7 Metod och genomförande.

FIGUR 1. Arbetsgång



## Behovsinventering och förstudie

Syftet med behovsinventeringarna är att ringa in undervisningsnära ämnesområden där behovet av vetenskapligt grundad kunskap bedöms vara stort. Identifierade områden utreds sedan vidare inom ramen för förstudier.

## Frågeställning

Utifrån resultaten från förstudien och i samråd med de externa forskare som knyts till projektet formuleras översiktens fråga. För att precisera denna och ge vägledning för de kommande litteratursökningarna bestäms tydliga kriterier som måste uppfyllas av de studier som ska ingå i översikten.

## Litteratursökning

Sökningen efter forskningslitteratur görs framför allt i internationella vetenskapliga referensdatabaser, med hjälp av så kallade söksträngar. En söksträng är den kombination av ord som matas in i en databas. Söksträngarnas utformning avgör vilka studier som hittas. Utöver databassökningarna kan ytterligare tekniker användas som komplement. Vissa sökningar kan fokusera på att hitta skandinavisk forskning.

## Relevans- och kvalitetsbedömning

De studier som hittas bedöms mot bakgrund av översiktens fråga. Först bedöms relevansen, det vill säga om studierna anses kunna bidra till att besvara översiktens fråga eller inte. Därefter granskas studiernas vetenskapliga kvalitet. Endast studier som bedöms vara relevanta och som håller tillräckligt hög kvalitet i förhållande till översiktens fråga tas med i översikten.



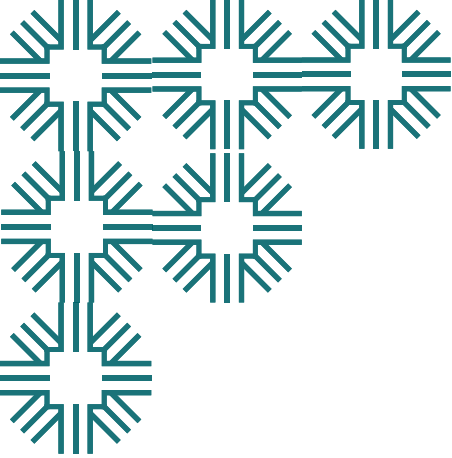
## Data- och resultatextraktion

Data- och resultatextraktion innebär att relevant information från studierna som ska ingå i översikten tas ut för att analyseras.

## Sammanställning av resultat och slutsatser

Studiernas resultat sammanställs till en helhet för att ge en djupare förståelse. Tillvägagångssätten kan variera bland annat beroende på översiktens fråga och vilken typ av forskning som ingår i översikten. Utifrån sammanställningen dras sedan slutsatser. Dessa svarar på översiktens fråga och ska kunna ligga till grund för professionella bedömningar i praktiken.





# Sammanfattning

I denna systematiska översikt sammanställs forskning om laborationer i naturvetenskapsundervisningen. De frågor som översikten besvarar är:

- Vad kännetecknar laborationer i naturvetenskapsundervisningen som utförs i syfte att utveckla elevers ämneskunskaper och förmåga att genomföra systematiska undersökningar?
- Vilka metoder och arbetssätt som kan bidra till att utveckla elevers ämneskunskaper och förmåga att genomföra systematiska undersökningar lyfts fram i forskningen om laborationer och laborationsundervisning?

I översikten definierar vi laborationer som praktiska undersökningar där elever observerar reella objekt, det vill säga själva samlar in data om naturvetenskapliga fenomen. Översikten fokuserar på undervisning i biologi, fysik och kemi i grundskolans högstadium och i gymnasieskolan.

## Resultat

Översiktens resultat beskriver både möjligheter och utmaningar med elevers laborationer och laborationsundervisningen. Resultaten delas upp i relation till tre övergripande målområden för undervisningen i de naturvetenskapliga ämnena:

- att lära sig naturvetenskap
- att lära sig utföra naturvetenskap
- att lära sig om naturvetenskap.

Att elever ska lära sig naturvetenskap innebär att de ska utveckla kunskaper om naturvetenskapliga begrepp, teorier och förklaringsmodeller. Att elever ska lära sig utföra naturvetenskap innebär att de ska utveckla en förmåga att genomföra systematiska naturvetenskapliga undersökningar. Att elever ska lära sig om naturvetenskap betyder att de ska utveckla en förståelse av naturvetenskapens karaktär. Undervisningen kan inte adressera alla målområden samtidigt utan lärare behöver göra väl motiverade val och prioriteringar.

## Att lära sig naturvetenskap

Resultaten visar tydligt att laborationer kan bidra till att utveckla elevers begreppsliga ämneskunskaper. Även om eleverna får möta samma ämnesinnehåll på många olika sätt i undervisningen, kan laborationerna fungera som en slags hävstång för lärandet. Hur läraren väljer att lägga upp elevernas laborationer har dock en avgörande betydelse för om de ska bli framgångsrika. Även ämnesinnehållets omfattning och svårighetsgrad samt hur mycket undervisningstid som står till förfogande spelar roll. Det kan vara en utmaning för elever att utveckla sin begreppsförståelse inom ramen för laborationer, men resultaten tyder på att det stöd som eleverna får i mötet med ämnesinnehållet är avgörande. Elever behöver

lärares stöd inte bara under tiden för laborationsaktiviteterna, utan även före såväl som efter aktiviteterna.

Lärare kan lägga upp laborationsundervisningen på olika sätt. Uppläggen kan sägas fördela sig på en skala från det att elever får tydliga instruktioner om precis vad de ska göra till det att eleverna får ta eget ansvar för vad som kan behöva göras och på vilket sätt. Vi har identifierat tre övergripande undervisningsupplägg:

- **Bekräftande undersökning:** Eleverna får i uppgift att besvara en given fråga genom att följa en procedur som läraren har bestämt. Instruktionerna är ofta skriftliga och strukturerade för att eleverna ska kunna vara relativt självgående.
- **Guidad undersökning:** Eleverna får ta eget ansvar för delar av sina undersökningar utifrån en fråga eller ett avgränsat problemområde som läraren har gett dem. Läraren vägleder eleverna framåt i undersökningarna och ger dem stöd i de delar där de förväntas ta eget ansvar.
- **Öppen undersökning:** Eleverna får i uppgift att formulera egna frågor, planera och genomföra en undersökning samt värdera den information som undersökningen genererar, för att söka besvara sin fråga. Läraren sätter ramarna och ger eleverna processvägledning.

Sammantaget framgår att guidade undersökningar ofta ger elever bättre möjligheter att utveckla ämneskunskaper än bekräftande undersökningar, i vilka läraren är mer instruerande. Den guidade undersökningen kan främja elevers begreppsförståelse genom att läraren vägleder eleverna framåt, men samtidigt gör det på ett sätt som uppmuntrar till att de regelbundet reflekterar över relevansen för ämnesinnehållet och målen. Observationer av hur lärare typiskt sett lägger upp undervisningen tyder däremot på att elevers laborationer gärna är utformade som bekräftande undersökningar. Om laborationen är kort och har ett avgränsat innehåll kan dessa undersökningar fungera bra, men då till priset av att eleverna kan känna sig mindre motiverade.

Vad som konkret menas med guidade undersökningar i vetenskapliga studier varierar, men utmärkande drag är att läraren både har en tydlig strategi för hur eleverna ska få större handlingsutrymme och att läraren besvarar elevernas frågor med vägledande motfrågor i stället för att ge dem de rätta svaren. När det gäller öppna undersökningar, där elever har allra mest eget handlingsutrymme, antyder resultaten att det kan vara svårare att få eleverna att lyckas om målet är att de ska utveckla ämneskunskaper. Ett alltför stort handlingsutrymme kan också öka risken för att arbetsbördan inom laborationsgrupper blir ojämnt fördelad mellan elever, och vissa elever kan uppleva det som otydligt.

En nyckelfaktor för att eleverna ska utveckla ämneskunskaper är att de lyckas med sammanlänkningen mellan observationsresultat från laborationerna och vedertagen kunskap. Läraren kan underlätta detta genom att erbjuda stödmaterial som uppmärksammar och påminner både eleverna och läraren själv på de olika delarna av en naturvetenskaplig undersökning samt stimulerar till att integrera ett vetenskapligt skrivande i själva laborationsaktiviteterna. Att inte-

grera skrivandet kan, till skillnad från att enbart skriva en laborationsrapport i efterhand, lyfta fram begrepp och förklaringsmodeller under själva genomförandet av laborationen och på så sätt blir dessa synliga och begripliga för eleverna. Ett integrerat skrivande tydliggör också betydelsen av det vetenskapliga argumentets konstruktion. Elever får då direkt öva på att uttrycka ett kunskapsanspråk genom att foga samman belägg från egna observationer med vedertagna naturvetenskapliga förklaringar.

## Att lära sig utföra naturvetenskap

Att kunna genomföra systematiska undersökningar omfattar både färdigheter och kunskaper i metodlära, det vill säga kunskaper om både hur man gör undersökningar och varför de ska göras på vissa sätt.

Ett sätt att få en överblick över den naturvetenskapliga undersökningen är att dela upp den i följande fyra områden:

- att planera
- att genomföra
- att värdera
- att dokumentera.

Även om uppdelningen är användbar för att förstå olika aspekter av en undersökning innebär den inte att arbetet nödvändigtvis består av separata aktiviteter som utförs i en sekvens.

**Att planera** handlar om att formulera undersökningsbara frågor och förbereda hur man ska genomföra en undersökning. Översiktens resultat framhäver vikten av att lärare uttryckligen fokuserar undervisningen på frågeformulering och introducerar eleverna till olika kategorier av frågor som i sin tur kan besvaras med olika typer av undersökningar. Exempel på sådana kategorier är beskrivande frågor, jämförande frågor, frågor som relaterar till orsak och verkan, förutsägande frågor och förklarande frågor.

Genom att elever får dela tankar om egna förslag, och ge respons på andras, kan frågor som är möjliga för eleverna att kunna besvara med en undersökning växa fram.

När det gäller undersökningar av typen experiment visar resultaten att undervisningen behöver göra det tydligt hur och varför man kontrollerar variabler. Att eleverna förstår variabelkontroll är centralt för att de ska kunna ställa lämpliga frågor och planera hur de ska genomföra ett tillförlitligt experiment. God planering innebär att finna sätt att isolera de variabler som ska undersökas genom att också tänka över om det kan finnas störande variabler eller andra felkällor som kan få betydelse för ett resultat. Undervisningen behöver ta höjd för att elevers utveckling av kunskaper om att formulera frågor, planera undersökningar samt vad som kännetecknar variabler tar tid, och att det kan behövas upprepade aktiviteter med detta fokus. Översiktens resultat visar att elever som uppvisar goda kunskaper om variabelkontroll i sina planeringar också har bra förutsättningar att genomföra experiment framgångsrikt.

När eleverna själva har möjlighet att välja mellan olika hypoteser eller får försöka förutsäga samband antyder resultaten att de har lättare att hantera samband som är tydliga och positiva, till exempel hur en pendels svängningstid samvarierar med dess längd. Därför kan det vara bra

att välja sådana laborationer i början av undervisningsprogressionen och introducera negativ samvariation och mer komplexa samband i ett senare skede.

**Att genomföra** innebär att praktiskt göra en undersökning och samla in data. Mätningar och registreringar måste göras noggrant för att laborationerna ska fungera, och material och utrustning behöver hanteras på ett ändamålsenligt och säkert sätt.

För att elever ska lära sig att använda utrustning rätt kan de först behöva introduceras till principer bakom hur den är konstruerad och varför den har givits vissa specifika funktioner. Men även när eleverna har en teoretisk förståelse av utrustningen kan det vara en utmaning för dem att omsätta kunskaperna i handling. Handlingskunskaperna som eleverna behöver för att genomföra en viss procedur kan många gånger dessutom vara specifika. Därför kan det bli viktigt att prioritera vilken typ av laborationer som eleverna ska göra och vilka procedurer som anses mest angelägna att de lär sig. Skriftliga instruktioner, exempelvis om hur utrustning fungerar, kan bli tydligare och mindre krävande för eleverna att ta till sig om det finns tillägg av bildstöd.

Om eleverna får använda speciell utrustning, exempelvis digital mät- och analysutrustning, är det viktigt att tydliggöra för dem vad syftet med att använda utrustningen är. Även om läraren har tänkt att utrustningen exempelvis ska användas för att underlätta elevernas datainsamling finns en risk att det praktiska utförandet i stället kommer alltför mycket i fokus.

Elevers samtal och samarbete under tiden för laborationerna kan lätt komma att handla om hur de ska använda utrustning på rätt sätt, om själva procedurerna och helt enkelt om att få det praktiska arbetet att bli hanterbart. De kunskaper och erfarenheter som individerna i en laborationsgrupp besitter har betydelse för gruppens möjligheter att finna lösningar. Gruppernas sammansättning kan påverka arbets- och rollfördelning och därmed också gruppens förmåga att komma fram till resultat i laborationerna.

Även om det framstår som viktigt att eleverna får träna på att själva söka lösningar till hur de kan utföra olika moment behöver deras idéer av säkerhetsskäl stämmas av med läraren. Dock finns en risk att ett för stort fokus på säkra procedurer och säkerhetsregler kan skymma andra viktiga aspekter av laborationen.

**Att värdera** handlar om att bearbeta den data som laborationerna genererar och länka samman denna med teori för att kunna dra slutsatser.

Elever behöver stöd för att kunna möta kravet på att eftersträva objektivitet för att undvika att förväntningar och fördomar får genomslag när de ska värdera sina observationsresultat. Medan elever har lättare att tolka tydliga och positiva samband när de gör experiment kan mer komplexa mönster bli svårare för eleverna att förstå. Sammantaget framstår det som viktigt att finna en balans mellan undersökningar som erbjuder tydliga och lättolkade resultat och undersökningar som också låter elever möta osäkerheter om hur data kan tolkas.

Resultaten visar tydligt att det är en utmaning för elever att under laborationerna få syn på länkarna mellan egna observationsresultat och vedertagen kunskap. Att eleverna förstår dessa länkar är centralt för att laborationerna ska bli begripliga och upplevas meningsfulla. En tänkbar nyckel till ett bättre meningsskapande är att betona vikten av att eleverna skapar giltiga vetenskapliga argument, där argumentets såväl innehåll som struktur ges utrymme.

Argument som består av en sammanfogning av ett kunskapsanspråk, belägg från egna observationer och en accepterad förklaringsmodell stärker vetenskapliga diskussioner och kan leda till konstruktiva resonemang. Ett sätt att få eleverna att fokusera på att försöka förstå vad resultaten betyder är att underlätta för datainsamlingen, till exempel genom att använda digitala mät- och analysverktyg. Läraren kan i sådana fall dock behöva tydliggöra för eleverna att utrustningen tjänar som hjälpmedel.

Eleverna behöver också stöd för att lyckas få till resonerande och konstruktiva samtal med varandra om hur de ska värdera observationsresultat. Laborationer som till sitt innehåll är välbalanserat och har en avvägd svårighetsgrad ger bäst förutsättningar. Vad som utgör ett sådant innehåll beror på det specifika sammanhanget såsom elevernas förkunskaper om det fenomen som ska undersökas, deras undersökningsvana och hur mycket tid som finns tillgänglig. Lärares förklaringar till elevers frågor under laborationerna blir betydelsefulla för hur eleverna uppfattar värdet av dem. Det kan gynna elevernas förståelse om läraren lyckas ta tillvara på den kunskap som eleverna faktiskt tillägnat sig, och även kan dra nytta av att observationer sällan är perfekta. Utan tydligt stöd från läraren är det lätt hänt att eleverna stannar vid enkla beskrivningar av vad som händer och exempelvis bortser från avvikelser i data.

**Att dokumentera** handlar om att föra loggbok under arbetets gång, formulera skrivna argument och redovisa undersökningar.

Resultaten visar att dokumentation är viktigt både som minnes- och planeringsstöd och som tankeverktyg för att kunna tillgodogöra sig laborationers innehåll. Under laborationerna blir elevers anteckningar om vad de gör, planerar att göra och vad som sker ett viktigt strategiskt instrument för att de fortlöpande ska kunna överblicka arbetet.

För att redovisa undersökningar får elever ofta skriva laborationsrapporter. Eleverna kan skriva rapporterna antingen efter att laborationen är genomförd eller som en integrerad del av själva aktiviteten. Resultaten visar tydligt att elever i allmänhet har svårt att uttrycka sig vetenskapligt och i synnerhet att klara av övergången från det muntliga resonemanget till att formulera trovärdiga argument i text. Ett integrerat skrivande kan främja elevernas kunskapsbildning då det kan stimulera till att de reflekterar över hur relationerna mellan observationer och vedertagen kunskap kan formuleras. Forskningen lyfter fram exempel på konkret stödmaterial som kan användas för att uppmärksamma elever och lärare på de olika aspekterna av en undersökning och integrera ett skrivande i laborationerna. Stödmaterialen kan stimulera elever till att förhandla om och kritiskt granska de argument som åberopas, men att läraren också ger stöd är viktigt för att eleverna ska få syn på och grepp om de giltiga naturvetenskapliga förklaringarna.

I och med att laborationsrapporten summerar vad man har gjort i en undersökning och på ett samlat sätt redovisar hur resultaten kan tolkas, blir det möjligt för andra att kritiskt granska arbetet och hur det framställs. Labbrapporten utgör också ofta ett viktigt underlag för läraren. Att elever får den uttalade uppgiften att på ett pedagogiskt sätt kommunicera sina resultat till andra mottagare än bara läraren kan göra att kvaliteten på skrivna slutledningar och vetenskapliga förklaringar blir bättre.

### *Undervisningsupplägg i relation till lärar- och elevansvar*

Även när laborationsundervisningen har som huvudsakligt fokus att elever ska utveckla förmågan att genomföra systematiska undersökningar kan läraren välja att lägga upp aktiviteterna på olika sätt. Uppläggen kan betona olika aspekter av den naturvetenskapliga undersökningen.

Sammantaget visar forskningen att det finns en potential i att låta eleverna generellt ta större ansvar för sina undersökningar. Samtidigt pekar resultaten på ett antal utmaningar för att det ska bli framgångsrikt. Först och främst behövs en tydlig strategi för både hur och inom vilken eller vilka aspekter av en undersökning som eleverna ska ta ett större eget ansvar. Det tar också tid för eleverna att utveckla kvalificerade undersökningsförmågor. Återkommande laborationsaktiviteter som betonar den naturvetenskapliga undersökningen kan successivt bygga upp elevernas undersökningsvana.

Modeller från tidigare forskning bygger ofta på att eleverna får ett gradvis utökat handlingsutrymme, men då vanligen i en given ordningsföljd. Utgångspunkten är att eleverna först fokuserar på undersökningsområdet att värdera, medan läraren tar huvudansvaret för planering och genomförande inklusive att formulera undersökningsfrågan. Därefter får eleverna ansvar för både genomförande och värdering, men utifrån en fråga som läraren har gett dem. Slutligen är tanken att eleverna får i uppgift att formulera egna undersökningsfrågor, planera och genomföra laborationen samt värdera den data som skapas. Även om det finns en logik i att tänka kring elevernas progression på detta sätt, tyder vår genomgång på att lärare med fördel kan fokusera de olika undersökningsområdena på ett mer varierat sätt. Konkret kan det innebära att eleverna vid ett visst tillfälle tar eget ansvar inom ett av undersökningsområdena, medan övriga områden hanteras gemensamt med läraren. Exempelvis är det möjligt att skapa laborationsaktiviteter som betonar förmågan att planera och formulera undersökningsbara frågor, utan att eleverna vid samma tillfälle behöver ta eget ansvar för hur laborationen ska genomföras och hur man kan värdera resultaten.

### **Att lära sig om naturvetenskap**

Ett tredje mål med undervisningen i de naturvetenskapliga ämnena är att elever ska utveckla en förståelse av naturvetenskapens karaktär. Det omfattar till exempel att kunna göra bedömningar av befintlig kunskap och naturvetenskapliga påståenden. Även om man kan använda laborationer för att belysa frågor om naturvetenskapens karaktär adresseras målområdet främst genom annan mer teoretisk undervisning.

Att göra eleverna medvetna om olika sätt att söka kunskap på, och hur säker denna kunskap kan anses bli, kan möjliggöra att de får reflektera över naturvetenskapens karaktär. Ett sätt att skapa förutsättningar för sådana reflektioner är att välja ett ämnesinnehåll som eleverna upplever är angeläget och på riktigt. Det kan också handla om att skapa situationer där elever får arbeta med att lösa riktiga problem som anknyter till faktisk yrkesverksamhet.

Sammantaget visar resultaten att man kan införa autentiska inslag successivt, men att lära-



rens förhållningssätt i hög grad har betydelse för om sådana strategier ska bli framgångsrika. Att diskutera med eleverna om själva laborationen kan vara mer värdefullt för att belysa frågor om naturvetenskapens karaktär än att eleverna ska hinna färdigställa laborationen under ett visst tidsspänn.

## Urvalet av forskning

Denna systematiska översikt bygger på resultaten från 39 studier. Studierna har genomförts i Asien, Europa, Nordamerika och Oceanien, fyra av dem är svenska. Fördelningen är relativt jämn mellan grundskolans högstadium och gymnasieskolan, liksom mellan skolämnen biologi, fysik och kemi. De specifika ämnesinnehåll som eleverna i studierna har fått möta finns representerade i de svenska kurs- och ämnesplanerna.

I översikten ingår studier som mäter effekter av olika sätt att bedriva laborationsundervisning, analyserar hur elever och lärare upplever arbetsätt samt studier som uppmärksammar samspelet mellan individer, både mellan elever och mellan elever och lärare. Flera av de studier som ingår i översikten använder både kvantitativ och kvalitativ information som underlag för sina resultat och slutsatser.



# Innehåll

<b>1. Varför en systematisk översikt om laborationer i naturvetenskapsundervisningen?</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Syfte och frågeställning</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Bakgrund</b>	<b>2</b>
1.2.1 Laborationen: den naturvetenskapliga undersökningen i undervisningen	2
1.2.2 Behovet av en systematisk översikt om laborationer	3
1.2.3 Naturvetenskapsundervisningen i fyra målområden	3
<b>1.3 Översiktens disposition</b>	<b>6</b>
<b>2. Om denna översikt</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Litteratursökning och urval</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Forskning som ingår i översikten</b>	<b>10</b>
2.2.1 Hur vi definierar laboration i översikten	10
2.2.2 Undervisningsupplägg i relation till lärar- och elevansvar	10
2.2.3 Studier från olika länder	11
2.2.4 Skolformer och ämnesinnehåll	11
2.2.5 Studier med varierad forskningsdesign och karaktär	11
<b>2.3 Kategorisering av forskningsresultaten utifrån målområdena</b>	<b>12</b>
2.3.1 Resultatkapitlens uppbyggnad och innehåll	13
<b>3. Att lära sig naturvetenskap</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Sammanfattning av resultaten</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Beskrivning av ingående studier</b>	<b>17</b>
3.2.1 Laborationer i den vanliga undervisningspraktiken	19
3.2.2 Laborationer jämfört med andra aktiviteter	20
3.2.3 Undervisningsuppläggets betydelse för kunskapsutvecklingen	22
3.2.4 Betydelsen av specifika insatser och undervisningsverktyg	25
3.2.5 Betydelsen av labbgruppers organisation	27
<b>4. Att lära sig utföra naturvetenskap</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Att planera: att formulera undersökningsbara frågor och lägga upp undersökningar</b>	<b>32</b>
4.1.1 Sammanfattning av resultaten	32
4.1.2 Beskrivning av ingående studier	33
<b>4.2 Att genomföra: att göra praktiska undersökningar och samla in information</b>	<b>38</b>
4.2.1 Sammanfattning av resultaten	39
4.2.2 Beskrivning av ingående studier	40

<b>4.3 Att värdera: att bearbeta information, länka samman observationer med teori och dra slutsatser</b>	<b>47</b>
4.3.1 Sammanfattning av resultaten	48
4.3.2 Beskrivning av ingående studier	49
<b>4.4 Att dokumentera: att organisera, formulera argument och redovisa undersökningar</b>	<b>57</b>
4.4.1 Sammanfattning av resultaten	58
4.4.2 Beskrivning av ingående studier	59
<b>4.5 Undervisningsupplägg i relation till lärar- och elevansvar</b>	<b>63</b>
4.5.1 Sammanfattning av resultaten	64
4.5.2 Beskrivning av ingående studier	65
<b>5. Att lära sig om naturvetenskap</b>	<b>70</b>
5.1 Sammanfattning av resultaten	70
5.2 Beskrivning av ingående studier	71
<b>6. Diskussion</b>	<b>75</b>
6.1 Laborationer är en del av en helhet	75
6.2 Att upptäcka eller inte upptäcka	76
6.3 Undersökningen som eget innehåll	76
6.4 Metoddiskussion – översiktens forskningsfrågor styr urvalet	77
<b>7. Metod och genomförande</b>	<b>79</b>
7.1 Behovsinventering och förstudie	79
7.2 Frågeställning	80
7.3 Inklusions- och exklusionskriterier	80
7.3.1 Valet av inklusions- och exklusionskriterier	83
7.4 Litteratursökning	85
7.5 Relevans- och kvalitetsbedömning	86
7.6 Data- och resultatextraktion	87
7.7 Sammanställning av resultat och slutsatser	87
7.7.1 Utgångspunkter och konfigurering av studiernas forskningsresultat	87
7.7.2 Tillvägagångssätt för analyserna och synteserna	89
7.7.3 Värdering av syntesresultat	90
<b>Referenser</b>	<b>92</b>
<b>Tidigare utgivning</b>	<b>99</b>

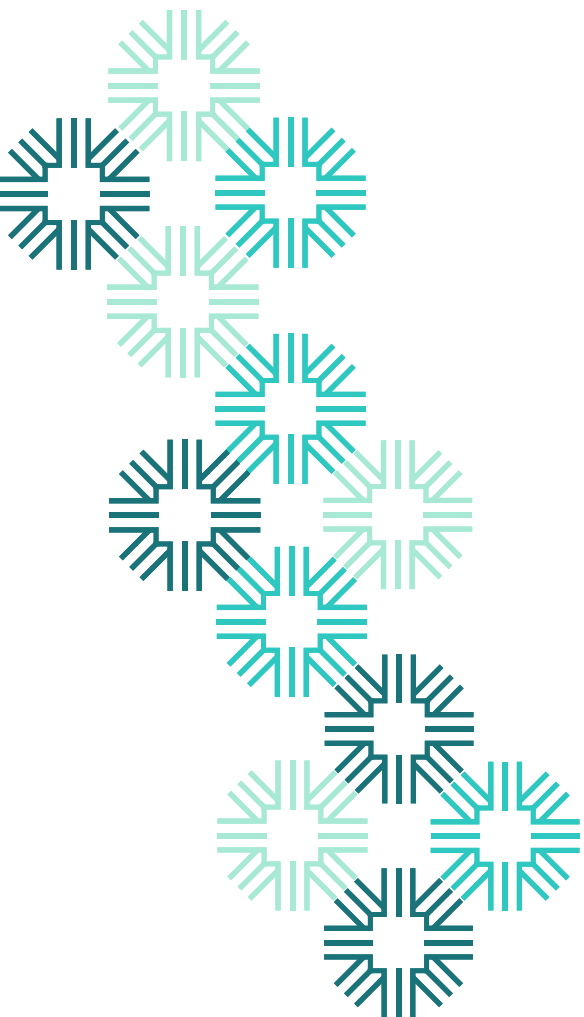
Bilagor (återfinns på [www.skolfi.se](http://www.skolfi.se))

**Bilaga 1: Litteratursökning**

**Bilaga 2: Bedömningsstöd**

**Bilaga 3: Analys med hjälp av skogsdiagram**

**Bilaga 4: Deskriptiv kartläggning av de ingående studierna**



# 1. Varför en systematisk översikt om laborationer i naturvetenskapsundervisningen?

I det här kapitlet redovisar vi översiktens syfte och frågor samt ger en bakgrund till översikten.

## 1.1 Syfte och frågeställning

I denna systematiska översikt sammanställs forskning om laborationer som undervisningsmetod i naturvetenskapliga ämnen. De frågor som översikten avser att besvara är:

- Vad kännetecknar laborationer i naturvetenskapsundervisningen som utförs i syfte att utveckla elevers ämneskunskaper och förmåga att genomföra systematiska undersökningar?
- Vilka metoder och arbetssätt som kan bidra till att utveckla elevers ämneskunskaper och förmåga att genomföra systematiska undersökningar lyfts fram i forskningen om laborationer och laborationsundervisning?

Med laborationer avser vi i denna översikt praktiska undersökningar som inkluderar att elever får observera eller manipulera reella objekt inom ramen för biologi-, fysik- och kemiundervisningen. Översikten fokuserar på elever i grundskolans högstadium och i gymnasieskolan.

## 1.2 Bakgrund

Naturvetenskaplig kunskap genomsyrar i dag vårt samhälle och vår vardag. De metoder som vuxit fram inom naturvetenskaperna kan erbjuda tillförlitliga sätt att skaffa oss kunskap om vår fysiska omvärld. Genom att exempelvis observera systematiskt och göra experiment kan vi undersöka hur saker och ting i naturen förhåller sig. Inom naturvetenskapen fäster man stor vikt vid empiriska observationer, det vill säga det som går att iakttä med hjälp av våra sinnen<sup>1</sup>. Men för att skapa kunskap måste observationer också kombineras med förnuft. Tillsammans utgör sinnen och förnuftet naturvetenskapens väg till kunskap. Att förstå hur man utför naturvetenskapliga undersökningar och vad man kan åstadkomma genom dem bidrar med förståelse av hur naturvetenskaplig kunskap kan bli till [1], [2], [3].

### 1.2.1 Laborationen: den naturvetenskapliga undersökningen i undervisningen

En bärande idé med att elever får göra laborationer i skolan är att de ska få möjlighet att förstå vad naturvetenskapliga undersökningar är och hur man kan göra dem. Laborationer används också i syfte att fördjupa elevernas kunskaper i naturvetenskapsämnena, för att väcka fascination för naturen och för att elever ska lära sig att själva kunna undersöka saker på ett tillförlitligt sätt. Men det betyder inte att skolelever förväntas bedriva forskning i bemärkelsen att de ska skapa ny kunskap. En stor del av de kunskaper eleverna ska utveckla har vuxit fram under lång tids tänkande och kunskapsökande. Det gäller såväl naturvetenskapernas specifika ämnesinnehåll som naturvetenskapernas metoder. Svaret på en undersökningsfråga som ställs i ett skolsammanhang, och vilket tillvägagångssätt som är lämpligt att använda, är nästan alltid känt. Syftet med en laboration kan vara att elever ska få erfara hur en teori omsätts i verkligheten, det vill säga att få visa eller varsebli ett naturvetenskapligt fenomen. I det avseendet kan eleverna göra upptäckter; de kan få uppleva något som de inte tidigare upplevt och erfara något på ett nytt sätt. De nya erfarenheterna kan bidra till att fördjupa den egna förståelsen av de fenomen som undersöks [1], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11].

Undervisningen ska också skapa förutsättningar för elever att förstå vad naturvetenskapliga undersökningar är för något. Att undervisa i och om naturvetenskapliga undersökningar kan kräva att det ämnesspecifika tillåts hamna i bakgrunden. Ämnesinnehållet kan få utgöra sammanhanget inom vilket de naturvetenskapliga arbetsmetoderna åskådliggörs och själva svaret på en undersökningsfråga kan ges mindre betydelse<sup>2</sup> [1], [6], [7], [8].

---

1 Många gånger sker iakttagelserna med hjälp av olika instrument. Ibland talar man därför om att vi använder indirekt observation eller "det förlängda sinnet".

2 Undersökande arbetsätt kan ibland syfta på en pedagogisk strategi att elever kan utforska och själva upptäcka företeelser i omvärlden. I det fallet kan man snarast säga att det är arbetsprocessen som utgör det sammanhang inom vilket eleverna själva uppmuntras att upptäcka ett ämnesinnehåll. Denna betydelse av undersökande arbetsätt är inte en specifik utgångspunkt i denna översikt, se också kapitel 6 Diskussion.

### 1.2.2 Behovet av en systematisk översikt om laborationer

Översiktens inriktning grundas bland annat på behov som framkommit i samtal med lärare och forskare inom området, skolorganisationer samt i myndighetsrapporter. I det samlade materialet har det tydligt framkommit att lärare i naturvetenskapliga ämnen efterfrågar mer kunskap om hur man kan använda laborationer i olika syften och hur laborationsundervisningen kan utvecklas. Det handlar då bland annat om vägledning till hur undervisningen kan bidra till såväl elevers kunskaper om naturvetenskapliga fenomen och förklaringsmodeller, som deras förmåga att genomföra systematiska undersökningar.

Skolinspektionen har i granskningar av undervisningen i naturvetenskap exempelvis beskrivit det som en fallgrop att elever får göra laborationer huvudsakligen utifrån detaljerade instruktioner, och då inte nödvändigtvis stimuleras till att reflektera över vad de gör. De ser också att det saknas sammanfattande, gemensamma reflektioner och analyser av vad eleverna har gjort, upplevt och lärt sig under lektionerna. Därmed menar Skolinspektionen att det finns en risk att felaktiga resonemang förblir obearbetade och att missuppfattningar befästs [12], [13].

Även forskning pekar på behovet av att bättre förstå laborationens roll i undervisningen och att våra sätt att studera denna bör utvecklas [6], [14], [15], [16]. Trots att laborationer är del av en lång undervisningstradition kan det saknas ett klart fokus på vad eleverna faktiskt ska göra och förväntas lära sig av en viss aktivitet. Forskare har varnat för en övertro på att en och samma laborationsaktivitet ska uppfylla en hel palett av kunskapsmål, samtidigt som både elever och lärare många gånger kan uppleva dessa mål som otydliga [6]. Lärarna har ofta fler mål med laborationerna än de som kommer fram under genomförandet, och lärarnas mål överensstämmer inte alltid med vad eleverna uppfattar som viktigt [16]. I en nyligen publicerad studie visar Lederman och kollegor [14] att elever runt om i världen har stora brister i sin förståelse av naturvetenskapliga undersökningar när de börjar årskurs 7, och därmed är dåligt förberedda för laborationsundervisningen.

För att utveckla forskningen inom fältet har forskare efterlyst en bättre rapportering av exempelvis vilka mål som står i fokus, undervisningens upplägg, hur elevernas använder material och utrustning, kommunikationen mellan elever och med lärare under själva aktiviteterna samt hur elever och lärare upplever undervisningen [15]. En litteraturgenomgång av en amerikansk lärartidskrift för biologiundervisning visar att det även i dessa sammanhang endast finns knapphändiga uppgifter om vad eleverna faktiskt verkar lära sig genom att få göra laborationer [17].

### 1.2.3 Naturvetenskapsundervisningen i fyra målområden

Ur ett internationellt perspektiv har utbildningsforskaren Derek Hodson beskrivit fyra övergripande målområden för skolans undervisning i de naturvetenskapliga ämnena [6]:

- Målområde 1: Att lära sig naturvetenskap (to learn science), det vill säga att utveckla ämneskunskaper såsom kunskap om ämnesspecifika begrepp och definitioner, förklaringsmodeller och teorier.

- Målområde 2: Att lära sig att utföra naturvetenskap (learn to do science), det vill säga att utveckla en förmåga att kunna genomföra systematiska naturvetenskapliga undersökningar.
- Målområde 3: Att lära sig om naturvetenskap (learn about science), det vill säga att utveckla en förståelse av naturvetenskapens karaktär såsom vad som kännetecknar naturvetenskapernas kunskaper och kunskapssökande.
- Målområde 4: Att lära sig om samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll (addressing socio-scientific issues), det vill säga att utveckla en förmåga att kunna diskutera ekonomiska, sociala, miljömässiga och etiska aspekter av naturvetenskaplig kunskap och utveckling.

Dessa fyra målområden täcks in också i de svenska kurs- och ämnesplanernas centrala innehåll för naturvetenskapsämnen. Men målområdena ska inte ses som separata arbetsområden för undervisningen, utan de kan kombineras på olika sätt. Beroende på undervisningsaktivitet kan målen få olika betoning. Alla målområden kan inte heller adresseras vid varje undervisningstillfälle. Målområdena kan adresseras genom en stor variation av undervisningsaktiviteter, varav laborationer utgör en del [6], [7], [10], [11].

### *Laborationen i relation till målområdena*

#### **Målområde 1: Att lära sig naturvetenskap**

Det första målområdet, att lära sig naturvetenskap, betonar att eleverna ska förvärva kunskaper om naturvetenskapliga begrepp, teorier och förklaringsmodeller. Det innebär till exempel att lära sig ett naturvetenskapligt språkbruk såsom vilka benämningar och definitioner man använder i olika sammanhang, mönster och relationer samt hur fenomen och processer i den fysiska omvärlden kan beskrivas, förutsägas och förklaras. Elevernas lärande i ämnena sammanfogas med de naturvetenskapliga arbetsmetoderna på så sätt att elevernas förståelse av ett ämnesinnehåll ska formas i samspel med erfarenheter från undersökningar av omvärlden<sup>3</sup> [7].

#### **Målområde 2: Att lära sig utföra naturvetenskap**

Det andra målområdet handlar om att kunna utföra naturvetenskap. För att elever ska lära sig att genomföra praktiska undersökningar är det en förutsättning att de får göra sådana. Målområdet innebär att eleverna behöver utveckla och kunna använda såväl teoretiska kunskaper i metodlära som handlingskunskaper. Ett annat sätt att uttrycka det är att elever behöver både lära sig *om* och lära sig att *göra* undersökningar. Laborationsundervisningen kan skapa förutsättningar för eleverna att lära sig att formulera frågor, välja undersökningsmetoder, hantera material och utrustning, värdera resultat och dra slutsatser. Undervisningen behöver även stimulera eleverna till att kunna använda dessa kunskaper som grund för att omsätta sina ambitioner i handling. Förutom att utveckla begreppslig kunskap om naturvetenskapliga

---

<sup>3</sup> Undersökningar kan även avse exempelvis teoretiska övningar såsom litteraturstudier, datorsimuleringar eller tankeexperiment.



undersökningar, förväntas alltså också att eleverna utvecklar vissa färdigheter [6], [18]. Att elever utvecklar dessa förmågor utgör ett eget innehåll i styrdokument såväl i Sverige som i många andra länder [7], [8], [10], [11], [14].

### **Målområde 3: Att lära sig om naturvetenskap**

Det tredje målområdet, att eleverna ska lära sig *om* naturvetenskap, inbegriper främst att de ska få en förståelse av naturvetenskapens karaktär på en metanivå. Naturvetenskapens karaktär omfattar bland annat kunskaper om hur väl något är känt i naturvetenskap samt vad som kännetecknar naturvetenskapernas kunskaper och kunskapssökande [8], [19], [20]. Ett exempel är insikten om att man kan besitta säker kunskap i den meningen att det inte nu råder något tvivel om den, men att kunskap för den delen aldrig är orubblig. Av naturvetenskapens historia är det känt att ny kunskap kan få konsekvensen att vi måste överge tidigare uppfattningar [2], [3]. Kunskaper om naturvetenskapens karaktär skapar förutsättningar för att bättre kunna bedöma naturvetenskapliga påståenden. Dessa kunskaper har betydelse också för den praktiska undersökningen även om det är ett målområde som till stor del kan adresseras genom andra sorters aktiviteter. De erfarenheter eleverna gör genom att praktiskt undersöka kan skapa förutsättningar för att kunna reflektera över naturvetenskapens karaktär på så sätt att arbetssättet erbjuder elever direkta erfarenheter av hur naturvetenskaplig kunskap kan bli till och vad som utmärker den [6], [8].

### **Målområde 4: Att lära sig om samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll**

Det fjärde målområdet, om samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll, är som undervisningsinnehåll mindre förknippat med laborationer även om andra typer av undersökningar, till exempel litteraturstudier, kan vara högst relevanta, se till exempel Hodson [6], och Hancock med kollegor [21]. Målområdet kan beskrivas som att elever ska kunna delta i politiska och personliga beslutsprocesser som knyter an till naturvetenskaplig kunskap [8], till exempel i frågor om klimatförändringar eller antibiotikaresistens [21].

### **Målområdena i relation till utbildningens syften**

Vilka målområden som hamnar i förgrunden kan, och borde, variera beroende på den naturvetenskapliga utbildningens syften. Roberts och Bybee [22] beskriver två olika huvudinriktningar: vision I och vision II. Vision I-perspektivet innebär att utbildningen främst syftar till att utbilda framtida naturvetare och ingenjörer och ska förbereda eleverna för att så småningom kunna göra sådana yrkesval. En konsekvens är att ämneskunskaper ges stort utrymme i undervisningen eftersom naturvetenskaplig kunskap ofta byggs upp hierarkiskt. Utifrån vision I-perspektivet har även laborationen en central betydelse då den tjänar som modell för hur naturvetare arbetar.

Vision II-perspektivet understryker att den naturvetenskapliga utbildningen i skolan ska rusta alla till att bli välinformerade samhällsmedlemmar. Vision II-perspektivet tar därför tydligare utgångspunkt i att alla elever ska utveckla en förmåga att kritiskt värdera och ta ställning i frågor som har ett naturvetenskapligt innehåll. Det betyder att de två senare övergripande

målen, att lära sig om naturvetenskap och om samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll, ställs i förgrunden.

I Sverige framträder de två perspektiven tydligast i gymnasieskolan. Utbildningarna i biologi, fysik och kemi på naturvetenskaps- och teknikinriktade program är främst förankrade i vision I, medan exempelvis gymnasieämnet naturkunskap mer tar utgångspunkt i vision II. I grundskolan är situationen mer komplicerad, vilket delvis har historiska förklaringar<sup>4</sup>. Den naturvetenskapliga utbildningen i grundskolans senare år tar utgångspunkt i både vision I och II. Samtidigt som relationen mellan naturvetenskap och samhälle lyfts fram får även laborationen ett relativt stort utrymme. Det avspeglas bland annat i att det ingår praktiska undersökningar i de nationella proven i biologi, fysik och kemi för årskurs 9 som infördes 2010 [23].

Ett viktigt syfte med naturvetenskapen i skolan är också att väcka elevers nyfikenhet på och intresse för att undersöka naturen. Därmed utgår man från att vi människor har en inboende drivkraft att försöka förstå vår omvärld [7], [10]. Dessa aspekter betonas tydligare i grundskolans än i gymnasieskolans läroplan, vilket skulle kunna tolkas som ett uttryck för att också motivera grundskoleelever att vilja sikta mot gymnasiestudier inom naturvetenskap.

## 1.3 Översiktens disposition

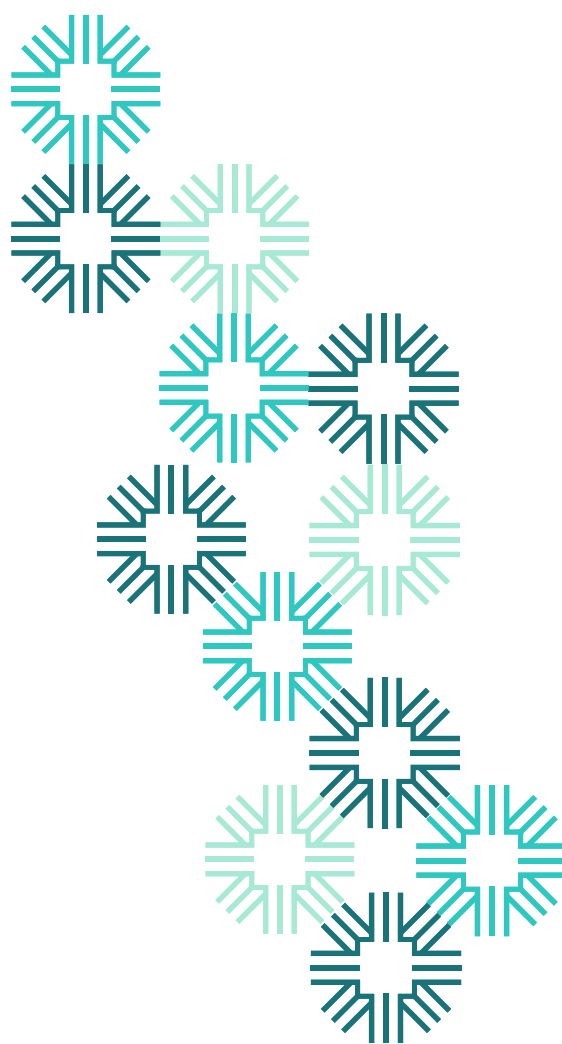
I kapitel 1 presenterar vi översiktens frågeställning och varför vi har genomfört den samt ger en bakgrund till översiktens ämnesområde och sammanhang. I kapitel 2 redovisar vi resultatet av litteratursökningen och urvalet av forskning. Vi klargör också några viktiga begrepp, redogör kort för karaktären på den forskning som ingår samt berättar hur vi har valt att strukturera resultaten. I nästkommande kapitel, 3–5, redovisar vi översiktens resultat, det vill säga hur de inkluderade studierna enskilt och tillsammans besvarar översiktens frågor. I kapitel 6 lyfter vi några aspekter på laborationen i ett vidare undervisningssammanhang och diskuterar översiktens begränsningar. Kapitel 7 består av en fördjupad genomgång av metoder och genomförande av översikten. Här beskriver vi arbetsgångens alla steg i detalj och hur vi har resonerat kring urvalet av studier till översikten.

Till översikten hör slutligen ett antal bilagor med kompletterande information. Bland annat finns en kartläggning av de studier som ingår, en redovisning av våra litteratursökningar och information om beräkningar som har gjorts. Bilagorna publiceras på Skolforskningsinstitutets webbplats [www.skolfi.se](http://www.skolfi.se).



---

<sup>4</sup> Exempelvis utvecklades enhetsskolan från den tidigare realskolan som var tänkt att fungera studieförberedande och därmed var förankrad i vision I.



## 2. Om denna översikt

I det här kapitlet redogör vi för resultatet av litteratursökningarna och beskriver kortfattat urvalet av studier till översikten. Vi tar även upp några centrala begrepp och definitioner samt erbjuder en översiktlig kartläggning av forskningen. Slutligen beskrivs hur vi har valt att kategorisera forskningsresultaten och upplägget för innehållet i rapportens tre resultatkapitel.

En detaljerad beskrivning av metoder och genomförande för översikten finns i kapitel 7. Till översikten hör också en mer detaljerad kartläggning, se bilaga 4, där utvalda egenskaper hos de enskilda studierna förtecknas för att skapa en samlad bild av den forskning som ingår i översikten. Kartläggningen finns tillgänglig på webbplatsen [www.skolfi.se](http://www.skolfi.se).

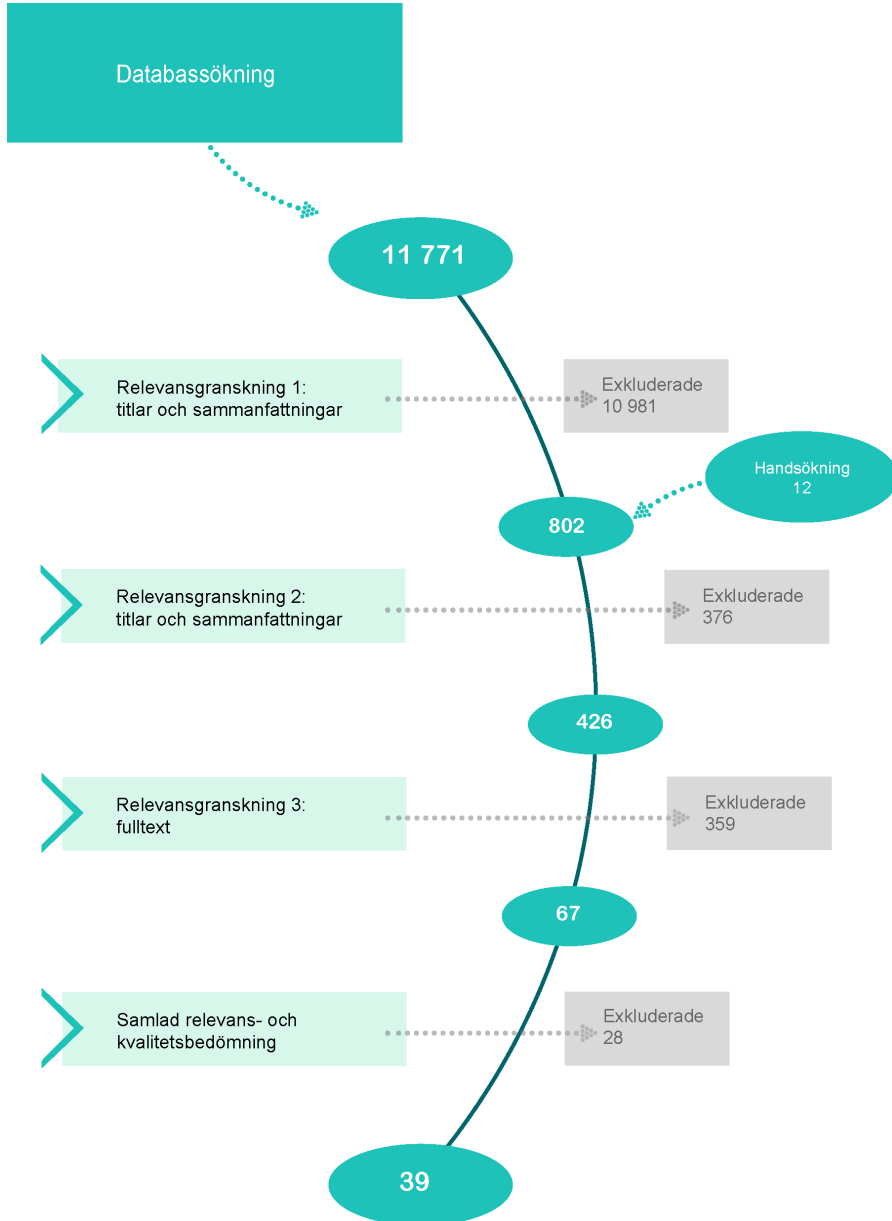
### 2.1 Litteratursökning och urval

Den internationella forskningen om laborationer och laborationsundervisning i naturvetenskap är omfattande. Översiktens fokus på laborationen som undervisningsmetod, tillsammans med övriga avgränsningar, resulterade i ett slutligt urval om 39 studier.

Flödesschemat illustrerar resultatet av litteratursökningarna och urvalet av forskning. Litteratursökningar i vetenskapliga referensdatabaser genererade 11 771 unika träffar. Den första relevansgranskningen innebar att medarbetare vid Skolforskningsinstitutet gick igenom alla titlar och sammanfattningar till de studier som identifierats i litteratursökningen och gallrade bort de studier som uppenbart inte var relevanta för översikten. Efter den första relevansgranskningen återstod 802 studier, varav 12 studier tillkom efter en genomgång av några utvalda webbportaler. Den andra relevansgranskningen innebar att projektets externa forskare gick igenom kvarvarande studiers titlar och sammanfattningar och efter denna gallring kvarstod 426 studier att läsa i fulltext. Fulltextgallringen, som också gjordes av projektets externa

forskare, ledde till att 67 studier kvarstod och efter en fördjupad relevans- och kvalitetsgranskning återstod 39 studier. I kapitel 7 Metod och genomförande redovisas urvalsförfarandet och arbetsgången mer detaljerat.

FIGUR 2. Flödesschema



## 2.2 Forskning som ingår i översikten

Urvalet omfattar de studier som projektgruppen har bedömt bidra till att besvara översiktens forskningsfrågor inom de ramar som valts. Nedan följer en översiktlig beskrivning av viktiga definitioner och hur studierna fördelar sig när det gäller geografisk hemvist, skolformer, skolämnen samt forskningsmetoder.

### 2.2.1 Hur vi definierar laboration i översikten

Begreppet laboration är mångtydigt. Att elever gör laborationer eller arbetar laborativt i skolan kan syfta på många olika undervisningsaktiviteter och kan vara relevant även i andra skolämnen än de naturvetenskapliga. Laborationer kan exempelvis syfta på såväl praktiska som teoretiska övningar, datorsimuleringar eller tankeexperiment. Den information eller data man använder kan ha sin grund antingen i egna observationer eller i rapporter om observationer. Det finns i forskningslitteraturen en mängd olika definitioner av naturvetenskapliga skollaborationer, även i sammanhang där de begränsas till praktiska undersökningar.

I denna översikt har vi valt att avgränsa oss till studier av undervisning där det ingår att elever gör någon form av praktisk undersökning som inkluderar att manipulera eller observera reella objekt med tillhörande datainsamling inom ramen för skolans ordinarie undervisning, vanligtvis i laborationssalen eller klassrummet. Denna definition ligger nära Abrahams och Reiss som lyder "...students, working either individually or in small groups, are involved in manipulating and/or observing real objects and materials..." [24, s. 1036]. Även om definitionen täcker in endast en delmängd av vad en laboration kan vara är vår bedömning att den utgör en relevant utgångspunkt för naturvetenskapliga laborationer i ett svenskt sammanhang.

Aktiviteterna inom ramen för laborationen kan till exempel röra sig om att elever får experimentera, observera, mäta eller ta prover med eller utan hjälp av mätinstrument och annan teknisk utrustning. Eftersom kurs- och ämnesplanerna föreskriver att eleverna, genom praktiskt undersökande arbete, ska få möjlighet att utveckla färdigheter i att hantera såväl digitala verktyg som annan utrustning [10], [11] har vi inkluderat studier som har undersökt användning av digitala verktyg som hjälpmedel eller komplement.

### 2.2.2 Undervisningsupplägg i relation till lärar- och elevansvar

Lärare kan lägga upp laborationsundervisningen på många olika sätt. Exempelvis kan den vägledning som läraren väljer att ge eleverna variera både vad gäller det utrymme eleverna har att själva genomföra en undersökning och de mål som står i fokus för en viss aktivitet.

I forskningslitteraturen finns flera olika förslag till hur laborationsundervisningen kan klassificeras utifrån perspektivet att eleverna kan ha mer eller mindre inflytande över hur de ska utforma och genomföra arbetet, se till exempel Banchi och Rell, Dobber och kollegor, Lazonder och Harmsen [25], [26], [27]. Förekommande sätt att lägga upp undervisningen fördelar sig vanligen på en skala från det att elever får tydliga instruktioner om precis vad de ska göra till det

att eleverna får ta eget ansvar för vad som kan behöva göras och på vilket sätt. Ett annat sätt att uttrycka det är att laborationerna klassificeras i olika antal frihetsgrader, där fler frihetsgrader innebär att större ansvar ges till eleverna, se till exempel Angelin och kollegor [28].

Där det är relevant har vi valt att utgå från följande övergripande indelning med tre olika upplägg av laborationsundervisningen:

- **Bekräftande undersökning:** Eleverna får i uppgift att besvara en given fråga genom att följa en procedur som läraren har bestämt. Instruktionerna är ofta skriftliga och strukturerade för att eleverna ska kunna vara relativt självgående. Då systematiken för genomförandet är given eleverna på förhand är frihetsgraden att betrakta som lägre.
- **Guidad undersökning:** Eleverna får ta eget ansvar för delar av sina undersökningar när det gäller att planera, genomföra och värdera den information de skapar utifrån en fråga eller ett avgränsat problemområde som läraren har gett dem. Läraren kan vägleda eleverna framåt i undersökningarna men då på ett sätt som uppmuntrar till att de regelbundet reflekterar över relevansen för de naturvetenskapliga fenomen som undersöks. I de delar där eleverna förväntas ta eget ansvar kan läraren ge eleverna stöd genom att exempelvis besvara elevernas frågor med vägledande motfrågor.
- **Öppen undersökning:** Eleverna får uppgiften att formulera egna frågor, planera och genomföra en undersökning samt värdera den information de skapar för att söka besvara sin fråga. Läraren sätter ramarna och ger eleverna processvägledning. En öppen undersökning innebär att elever får arbeta med en hög frihetsgrad.

### 2.2.3 Studier från olika länder

Studierna i översikten har genomförts i Asien, Europa, Nordamerika och Oceanien. Fyra svenska studier finns med i underlaget. Ungefär en fjärdedel, 10 av 39 studier, har genomförts i USA.

### 2.2.4 Skolformer och ämnesinnehåll

Studierna i översikten berör elever i grundskolans högstadium och i gymnasieskolan, och är relativt jämnt fördelade mellan de två skolformerna. De laborationer som elever har fått göra i studierna fördelar sig jämnt även mellan skolämnena biologi, fysik och kemi. De specifika ämnesinnehåll som elever har fått möta inom ramen för studierna finns representerade i de svenska kurs- och ämnesplanerna.

### 2.2.5 Studier med varierad forskningsdesign och karaktär

För att kunna svara på översiktens frågor har vi betraktat det som en tillgång att kombinera

resultat från studier som undersöker området med olika metoder och ur olika aspekter. I översikten ingår studier som mäter effekter av olika sätt att bedriva laborationsundervisning, analyserar hur elever och lärare upplever arbetssätt och studier som uppmärksammar samspelet mellan individer, både mellan elever och mellan elever och lärare. Flera av de studier som ingår i översikten använder både kvantitativ och kvalitativ information som underlag för sina resultat och slutsatser.

Medan vissa studier använder statistiska metoder för att möjliggöra generaliseringar fokuserar andra mer närgånget på innehållet i det som utspelar sig, vilket kräver en bearbetning av resultaten som i hög grad är beroende av det specifika sammanhanget. I dessa fall kan man sällan generalisera på ett direkt sätt, men resultaten kan vara igenkännliga och är därmed möjliga att använda för att skapa förståelse av situationer som kan uppstå i undervisningen.

## 2.3 Kategorisering av forskningsresultaten utifrån målområdena

Genom att kategorisera studiernas forskningsresultat utifrån de övergripande målområdena för undervisningen i de naturvetenskapliga ämnena ges en överblick över studierna som ingår i översikten. Kategoriseringen visar också på komplexiteten i forskningen om laborationer. Många studier berör flera olika aspekter av laborationsundervisningen och presenterar forskningsresultat som är relevanta för fler än ett målområde.

Av kategoriseringen framgår att underlaget i den här översikten främst relaterar till målområde 1 och 2, det vill säga att elever ska lära sig naturvetenskap och lära sig att utföra naturvetenskap. Därutöver är det ett fåtal studier som uttryckligen även berör laborationsundervisning i relation till målområde 3, att elever ska lära sig om naturvetenskap. Det saknas dock studier som berör målområde 4, att elever ska lära sig om samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll.

FIGUR 3. Överblick över ingående studier

**Målområde 1:**  
att lära sig naturvetenskap

17

**Målområde 2:**  
att lära sig utföra naturvetenskap

29

**Målområde 3:**  
att lära sig om naturvetenskap

3

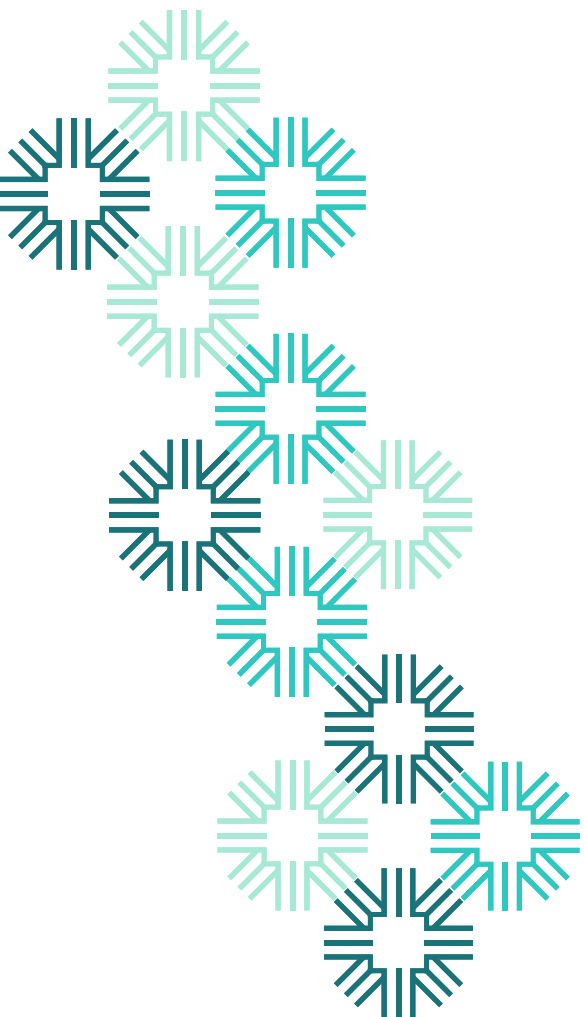


### 2.3.1 Resultatkapitlens uppbyggnad och innehåll

I det första resultatkapitlet, kapitel 3, går vi igenom forskningsresultat i relation till målområde 1, att lära sig naturvetenskap. I det andra resultatkapitlet, kapitel 4, redovisas forskningsresultat i relation till målområde 2, att lära sig utföra naturvetenskap. Detta andra resultatkapitel är vidare uppdelat i fem avsnitt som belyser olika aspekter av att lära sig utföra naturvetenskap. I det tredje resultatkapitlet, kapitel 5, redovisas forskningresultat i relation till målområde 3, att lära sig om naturvetenskap. Resultatkapiteln är fristående och kan läsas separat.

Varje kapitel och avsnitt är upplagt på samma sätt. Först kommer en introduktion och sedan följer en sammanfattning av resultaten, det vill säga vad de ingående studierna handlar om och sammantaget erbjuder för kunskap vad gäller den aktuella aspekten av laborationen eller laborationsundervisningen. Därefter följer en tabell som visar vilka studier som underbygger resultatsammanfattningen. Slutligen beskriver vi vad var och en av dessa studier bidrar med vad gäller den aktuella aspekten. Resultaten presenteras i den ordning som ges i tabellen. Eftersom många studier berör fler än en aspekt återkommer en och samma studie i flera resultatkapitel och avsnitt. Beskrivningarna av dessa studier fokuserar de forskningsresultat som är relevanta för den aktuella aspekten.





## 3. Att lära sig naturvetenskap

Laborationen används för att elever ska lära sig naturvetenskap, det vill säga utveckla och fördjupa sina kunskaper om naturvetenskapliga begrepp, teorier och förklaringsmodeller. Ämneskunskaper omfattar att kunna benämna, definiera och klassificera det som finns i naturen och i den materiella världen. Det omfattar även att förstå och kunna förklara det som finns omkring oss i termer av mönster, relationer och sammanhang. I kurs- och ämnesplaner poängteras att elevers utveckling av ämneskunskaper ska formas i samspel med erfarenheter från undersökningar.

Vi har identifierat 17 studier i underlaget som adresserar frågan om elevers utveckling av ämneskunskaper i relation till laborationsundervisningen. Tolv av studierna berör elever i grundskolan [24], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [39] och nio studier handlar om elever i gymnasieskolan [24], [29], [30], [31], [40], [41], [42], [43], [44]. När det gäller undervisningsämnen berörs biologi i sex studier [24], [29], [30], [34], [35], [44], fysik i åtta studier [24], [29], [30], [32], [33], [36], [37], [38] och kemi i tio studier [24], [29], [30], [31], [32], [39], [40], [41], [42], [43].<sup>5</sup>

### 3.1 Sammanfattning av resultaten

Tre av studierna undersöker hur laborationer används i den vanliga undervisningspraktiken, vad lärare har för mål samt vad eleverna tycks lära sig genom aktiviteterna [24], [29], [39]. Resultaten tyder på att lärare betonar vikten av att elever får göra laborationer för att själva få erfara hur naturvetenskapliga fenomen kan komma till uttryck [24], [29]. När undervisningen syftar till att utveckla ämneskunskaper kan de laborationer som eleverna gör tendera att styras

---

5 Studier kan beröra både grund- och gymnasieskolan och fler än ett undervisningsämne.

av detaljerade instruktioner från läraren. Då systematiken för genomförandet av laborationerna är given eleverna på förhand blir elevernas handlingsutrymme också mycket begränsat. Att använda sådana bekräftande undersökningsupplägg kan medföra att eleverna förbiser de etablerade förklaringsmodellerna, trots att de genomför arbetet på det sätt som läraren förväntar sig [24], [29], [39].

Fyra studier, som sinsemellan har olika karaktär, har jämfört att elever gör laborationer med att de i stället får göra andra aktiviteter i syfte att lära sig ett visst ämnesinnehåll [33], [35], [37], [41]. Genomgången visar att det går att använda laborationer för att utveckla elevers ämneskunskaper [33], [35], men antyder också att elever kan möta samma naturvetenskapliga begrepp, och uppleva liknande utmaningar, även genom mer teoretiskt utformade uppgifter såsom att skapa begreppskartor [37], [41]. Jämfört med att exempelvis skapa en begreppskarta kan dock den praktiska undersökningen skapa bättre förutsättningar för att aktiviteten blir ett verktyg för lärandet, och på så sätt minska risken för att eleverna ska fokusera alltför mycket på ta fram en korrekt produkt [41].

Nio studier i underlaget jämför olika sätt att lägga upp laborationsundervisningen med avseende på vilka effekter olika undervisningsupplägg har på elevers utveckling av ämneskunskaper [30], [31], [32], [34], [36], [38], [42], [43], [44]. Att försöka förändra laborationsundervisningen som syftar till att utveckla elevers ämneskunskaper, i riktning mot att elever får ta ett större ansvar för delar av sina undersökningar, tar flera studier i underlaget fasta på. I forskningen lyfts även fram att sådana undervisningsupplägg kan skapa mer motiverande lärmiljöer för eleverna. Sammantaget framgår att guidade undersökningar, där eleverna har ett något större handlingsutrymme, ger elever bättre möjligheter att utveckla ämneskunskaper än bekräftande undersökningar i vilka läraren är mer instruerande [30], [32], [43], [44]. Den guidade undersökningen kan främja elevernas förståelse av ämnesinnehållet genom att läraren vägleder eleverna att komma framåt i undersökningarna, men samtidigt gör det på ett sätt som uppmuntrar till att regelbundet reflektera över relevansen för de naturvetenskapliga fenomen som undersöks. Vad som menas med en guidad laborationsundervisning skiljer sig dock till viss del mellan studierna. Alla har gemensamt att läraren har en tydlig strategi för inom vilka delar av en undersökning och på vilket sätt eleverna ska få större handlingsutrymme, och har som ett utmärkande drag att läraren besvarar elevernas frågor med vägledande motfrågor i stället för att ge dem det rätta svaret. Men undervisningen skiljer sig bland annat med avseende på ämnesinnehållens omfattning och svårighetsgrad, hur mycket undervisningstid man tillägnar områdena och strategiernas utformning. Om ämnesinnehållet är omfattande och undervisningstiden relativt sett är tillräckligt dimensionerad kan guidade undersökningar stimulera såväl elevernas utveckling av ämneskunskaper som deras motivation, oavsett om eleverna är hög- eller lågpresterande [32], [43], [44]. Om laborationen är kort och har ett avgränsat innehåll kan den bekräftande undersökningen fungera bra, men priset kan bli att eleverna känner sig mindre motiverade. Även i dessa fall kan den guidade undersökningen därför ses som ett balanserat alternativ [36]. Att elever och lärare lyckas följa den strategi som är avsedd med en guidad undersökning tycks viktigt för att målen ska kunna uppnås; om den guidade undersökningen inte genomförs som det är tänkt kan den i stället bli ett sämre alter-

nativ än den bekräftande undersökningen [30]. När det gäller den öppna undersökningen, där elever har som allra mest eget handlingsutrymme, antyder resultaten att det kan vara svårare att få eleverna att lyckas om målet är att de ska utveckla ämneskunskaper [36], [38]. Vissa elevgrupper, exempelvis flickor, kan också uppleva ett stort handlingsutrymme som otydligt, vilket kan öka risken för att arbetsbördan inom labbgrupper blir ojämnt fördelad mellan elever [38].

Specifika namngivna undervisningsverktyg kan vara till hjälp för att rama in och konkretisera laborationen. Tre studier i underlaget har utvärderat effekter av sådana verktyg på elevers utveckling av ämneskunskaper. Alla verktygen har gemensamt att de syftar till att underlätta sammanlänkningen mellan observationsresultat och vedertagen kunskap [31], [34], [42]. Två av verktygen, science writing heuristic (SWH) respektive argument-driven inquiry (ADI), är generiska och erbjuder lärare ett systematiskt stöd för att uppmärksamma olika komponenter av en naturvetenskaplig undersökning samt påminner elever om det vetenskapliga argumentets konstruktion och betydelse. Båda dessa verktyg integrerar också ett vetenskapligt skrivande i själva laborationsaktiviteterna [31], [34]. Det tredje verktyget är en digital lärresurs som erbjuder elever att visuellt få uppleva en vedertagen förklaringsmodell för kemiska reaktioner i direkt anslutning till laborationen [42]. Forskningen visar entydigt att användning av dessa undervisningsverktyg som stöd bidrar till elevernas utveckling av ämneskunskaper [31], [34], [42]. Den digitala lärresursen är specifik i relation till ämnesinnehållet, men belyser potentialen i att använda visualiseringar av förklaringsmodeller som med hjälp av rörliga illustrationer kan ge elever en konkret uppfattning av ett naturvetenskapligt förlopp.

I en studie har forskare undersökt hur man kan organisera laborationsgrupper för att skapa förutsättningar för elevers utveckling av ämneskunskaper. Studiens resultat visar att elever som får samarbeta har bättre möjligheter att lära sig ämnesinnehållet än elever som får arbeta individuellt [40].

## 3.2 Beskrivning av ingående studier

I tabell 1 listas de studier som underbygger kapitlets sammanfattning. Direkt efter tabellen summerar vi forskningsresultaten från varje enskild studie som ingår, i den ordning som ges i tabellen. Studierna belyser elevers utveckling av ämneskunskaper i relation till hur laborationer används i den vanliga undervisningspraktiken, andra arbetssätt än laborationer, olika undervisningsupplägg och specifika undervisningsmodeller samt organisering av laborationsgrupper. Merparten av studierna jämför minst två grupper av elever och använder någon form av tester för att utvärdera effekter på elevers ämneskunskaper.

TABELL 1. Ingående studier: Att lära sig naturvetenskap

STUDIE	ÄMNE NIVÅ	UPPLÄGG	DELTAGARE
Abrahams och Millar, 2008 Storbritannien [29]	bi, fy, ke hö, gy	observation, intervju, 1 lektion/klass	25 klasser, 11–16 år, ca 25 lärare
Abrahams och Reiss, 2012 Storbritannien [24]	bi, fy, ke hö, gy	observation, intervju, 1 lektion/klass	20 klasser, 11–18 år, ca 20 lärare
Högström m.fl., 2010 Sverige [39]	ke hö	observationer, intervjuer, 4 lektioner	1 klass, 25 elever, 13–14 år, 1 lärare
Freedman, 1997 USA [33]	fy hö	jämförande (kr), tester, enkät, 2 grupper, 36 veckor	4 klasser, 270 elever, åk 9, 4 lärare
Hamza och Wickman, 2013 Sverige [41]	ke gy	jämförande, observation, 2 grupper, 1 lektion	22/10 elever, 16–17 år, 1 lärare
Schwichow m.fl., 2016 Tyskland [37]	fy hö	jämförande (rct), tester, 2 grupper, 2 dagar	161 elever, 12–15 år
Lazarowitz och Naim, 2014 Israel [35]	bi hö	jämförande (rct), tester, 3 grupper, 5 månader	25 klasser, 669 elever, 14–15 år, 22 lärare
Blanchard m.fl., 2010 USA [30]	bi, fy, ke hö, gy	jämförande (kr), tester, 2 grupper, 1 vecka	1700 elever, 24 lärare
Cheng m.fl., 2018 Taiwan [32]	ke/fy hö	jämförande (kv), tester, dokumentanalys, 2 grupper, 6 veckor	4 klasser, 126 elever, åk 8, 2 lärare per klass
Strimaitis m.fl., 2017 USA [44]	bi gy	jämförande (kv), tester, obser- vationer, 2+2 grupper, 1 år	4 klasser, ca 200 elever, åk 9–10, 4 lärare
Sesen och Tarhan, 2013 Turkiet [43]	ke gy	jämförande (rct), tester, enkät, 2 grupper, 3 veckor	2 klasser, 62 elever, 17 år, 1 lärare
Schmidt-Borcherding m.fl., 2013 Tyskland [36]	fy hö	jämförande (rct), test/enkät, 3 grupper, 1 lektion	173 elever, ca 14 år, 1 lärare
Wolf och Fraser, 2008 USA [38]	fy hö	jämförande (kv), tester, enkät, intervjuer, 2 grupper, 8 veckor	8 klasser, 165/20 elever, åk 7, 2 lärare

Hand m.fl., 2004 USA [34]	bi hö	jämförande (kv), tester, intervjuer, 2+1 grupper, 8 veckor	3 klasser, 93/12 elever, åk 7
Cetin m.fl., 2018 Turkiet [31]	ke hö, gy	jämförande (kv), tester, intervjuer, 2 grupper, 7 veckor	2 klasser, 60 elever, 15–16 år, 1 lärare
Hodges m.fl., 2018 USA [42]	ke gy	jämförande (kv), tester, intervjuer, 2 grupper, 3 dagar	351 elever, åk 10, 6 lärare
Ding och Harskamp, 2011 Kina [40]	ke gy	jämförande (rct), tester, enkät, dokumentanalys, intervjuer, 3 grupper, 4 veckor	3 klasser, 96 elever, 17 år, 1 lärare

bi=biologi, fy=fysik, ke=kemi, hö=högstadium, gy=gymnasieskola, kv=kvasiexperimentell, kr=korrelationsanalys, rct=randomiserad kontrollerad studie

### 3.2.1 Laborationer i den vanliga undervisningspraktiken

I två studier undersöker Abrahams och Millar [29] respektive Abrahams och Reiss [24] hur lärare tillämpar laborationer i sin undervisning och vilken betydelse de laborationer som elever får göra kan ha för deras lärande i de olika naturvetenskapliga ämnena. Inom ramen för studierna besökte forskarna ett stort antal slumpvis utvalda skolor i Storbritannien som både var utspridda geografiskt och representerade områden med olika socioekonomiska förhållanden. En lärare från varje skola deltog med sin biologi-, fysik- eller kemiklass och undervisningen observerades under en laborationsaktivitet i varje klass. Därutöver intervjuades läraren och ett antal elever i anslutning till deras laborationer. Lärarna intervjuades både före och efter, medan elever intervjuades efter att laborationen hade avslutats. Studiernas syfte var att undersöka hur eleverna gjorde laborationerna, vad som skedde i undervisningen och relatera det till de mål som lärarna hade tänkt att eleverna skulle nå.

Resultaten visar att det undervisningsupplägg som tydligast framträdde var den bekräftande undersökningen där eleverna fick tydliga ramar och detaljerade instruktioner för sitt arbete. Lärarnas mål med laborationerna handlade i första hand om att de skulle bidra till att fördjupa elevers ämneskunskaper, snarare än att utveckla deras förmåga att undersöka. Tankar som lärare kunde uttrycka var att man förväntade sig att eleverna skulle göra laborationerna och utifrån sina observationer av ett visst fenomen dra slutsatser i relation till giltiga förklaringsmodeller och teorier.

När det gäller elevernas arbete framkommer av observationerna att de generellt tycktes kunna hantera det material och den utrustning som de skulle använda, men sällan verkade få några rimliga förutsättningar att reflektera över eller resonera om laborationernas ämnesmässiga innehåll. De bekräftande uppläggen medförde att eleverna på ett sätt gjorde vad de förväntades göra, men betoningen på att följa rätt procedur tycktes inte bidra i någon högre grad till deras utveckling av ämneskunskaper. I intervjuer med elever framkom att de kunde återberätta vad de hade gjort, men att de i sina beskrivningar hade fokus på sådant som upplevdes

övertäckande utan att det behövde ha med ämnesinnehållet att göra. Att elever i intervjuerna återkopplade till relevant ämnesinnehåll förekom nästan inte alls.

En samlad analys tyder på att eleverna på egen hand inte kunde uppfatta ämnesinnehållet i de laborationer de fick göra. Det kan i sin tur ha berott på att läraren inte hade introducerat teorier och förklaringsmodeller tillräckligt tydligt för eleverna i förväg. Vidare kan det ha saknats stöd från lärare att vägleda eleverna till att försöka sammanlänka genomförande och ämnesinnehåll, vilket även kan ha varit en konsekvens av att det var otydligt på vilket sätt lärarnas mål skulle förverkligas.

I studien av Högström och kollegor [39] antas en naturalistisk ansats där en lärare och dennes elever observerades under en laboration i kemi som fokuserade på fenomenet ”lika löser lika”. Studien tar fasta på de interaktioner som skedde under laborationen och vilket lärande som kunde urskiljas till följd av dessa. Såväl läraren som eleverna gav via efterföljande intervjuer ytterligare insikt i det som skedde under laborationen.

Resultaten visar att det syfte läraren hade med laborationen, som också återspeglades i innehållet i elevernas skriftliga instruktioner, endast till en liten del uppfattades av eleverna. Eleverna uppfattade det som viktigt att följa lärarens instruktioner och den procedur som hade presenterats. Det räckte inte med att läraren och instruktionerna hade syftet att eleverna skulle få observera fenomenet, resultaten visar att eleverna inte upptäckte det på egen hand. I intervjuerna framkom bland annat att lärarens tanke med det aktuella upplägget var att det skulle vara tydligt för eleverna att både göra rätt observationer och förstå hur dessa var ett resultat av ämnens kemiska egenskaper.

### 3.2.2 Laborationer jämfört med andra aktiviteter

Fyra studier jämför laborationsundervisning med andra sätt att undervisa om ett visst ämnesinnehåll i relation till elevers kunskapsutveckling.

Freedman [33] undersöker om laborationer i fysik har effekter på elevers ämneskunskaper och attityder till ämnet. Studien jämför elever som fick göra laborationspass varje vecka under en 36 veckor lång kurs med elever som fick undervisning om samma ämnesinnehåll och under lika lång tid, men utan inslag av laborationer. Eleverna fick göra laborationer utifrån färdiga undersökningsfrågor och instruktioner om vilka metoder som skulle användas, det vill säga bekräftande undersökningar. Elevernas ämneskunskaper och attityder skattades med hjälp av standardiserade tester och enkäter. Därtill jämförde man elevernas kursbetyg.

Resultaten visar att den grupp elever som hade fått del av laborationsundervisning i medeltal presterade signifikant bättre på kunskapstestet och även fick högre betyg på kursen än jämförelsegruppen. Laborationsundervisning samvarierade positivt även med elevernas attityder till fysikämnet och deras självupplevda förmåga att klara kursen. Men skillnaderna beträffande ämneskunskaper kvarstod även efter att man tagit hänsyn till skillnaderna i attityd.



I studien analyseras även om elevernas språkkunskaper kunde påverka resultatet, exempelvis när det gäller elever med annat förstaspråk än undervisningsspråket. I den grupp elever som bedömdes ha en lägre nivå av kunskaper i undervisningsspråket påvisades ingen fördel för laborationsundervisningen.

Studien av Hamza och Wickman [41] undersöker elevers närmande av ett specifikt ämnesinnehåll genom att antingen göra en praktisk laboration eller i stället arbeta med att skapa en begreppskarta. I studien observerades två grupper av elever som fick använda de respektive arbetsätten för att studera den galvaniska cellen.

En utgångspunkt för studien är att tidigare forskning om laborationsundervisning har uppmärksammat att elevers lärande av ett ämnesinnehåll kan försvåras av att eleverna tenderar att fokusera på att lösa alla de praktiska problem som kan uppstå, som att hantera utrustning, mäta och observera. En avigsida med detta är att själva ämnesinnehållet riskerar att komma i skymundan.

I studien fick en grupp elever arbeta med att tillverka och undersöka galvaniska celler medan en andra grupp fick arbeta med att konstruera begreppskartor utifrån begrepp som är relevanta för galvaniska celler.

Resultatet av observationerna visar att båda grupperna ägnade lika mycket tid åt att diskutera praktikaliteter under sina respektive aktiviteter som åt att resonera om ämnesinnehållet. En viktig skillnad mellan grupperna kunde däremot noteras; även om båda grupperna skred framåt mot att lösa sina respektive uppgifter var det i laborationsaktiviteten som elevernas interaktion med materialet tydligast tycktes generera frågor och förklaringar om ämnesinnehållet. Elever som arbetade med att skapa begreppskartor tenderade att se själva utfallet, att skapa en korrekt karta, som viktigt snarare än att se kartan som ett verktyg för att lära sig ämnesinnehållet.

I studien av Schwichow och kollegor [37] studerar man om praktiska undersökningar med hjälp av reella material kan skapa bättre förutsättningar för elevers utveckling av kunskaper om elektromagnetiska fenomen än teoretiska övningar. I studien jämfördes en grupp elever som fick göra en klassisk praktisk laboration med en grupp som i stället fick träna på motsvarande innehåll inom ramen för en papper-och-penna-uppgift om ett tänkt experiment. Papper-och-penna-uppgiften inkluderade arbetsblad med bilder på samma utrustning som användes av eleverna som fick göra laborationen praktiskt. Efter att båda grupper genomfört sina respektive aktiviteter utvärderades elevernas ämneskunskaper med hjälp av ett test.

När det gäller elevernas utveckling av ämneskunskaper påvisades ingen genomsnittlig skillnad mellan grupperna på det efterföljande testet. Det innebär att såväl den praktiska undersökningen som papper-och-penna-uppgiften gav liknande resultat med avseende på elevers begreppsliga ämneskunskaper inom området.

Studien av Lazarowitz och Naim [35] undersöker betydelsen av laborationer som syftar till att skapa illustrerande modeller med avseende på elevers kunskapsutveckling inom cellbiologi.

I studien jämfördes tre grupper av elever. En grupp elever fick tillverka egna reella modeller av cellen, en andra grupp fick ta del av demonstrationer när läraren steg för steg tillverkade modellen och en tredje grupp fick enbart ordinarie undervisning. Den ordinarie undervisningen inkluderade arbete med konventionella läromedel såsom illustrationer, bilder och objektglas med verkliga celler att studera i mikroskop. Alla elever fick del av ordinarie undervisning, men gruppernas totala undervisningstid var jämförbar. Elevgruppernas genomsnittliga kunskapsutveckling mättes med hjälp av ett test med frågor om cellens delar, struktur och funktion. I studien gjordes en analys av elevernas prestationer på testet också i relation till olika frågors svårighetsgrad.

Resultaten visar att den grupp elever som hade fått göra egna modeller i medeltal presterade bäst överlag. Även gruppen som hade fått del av lärarens demonstration presterade i genomsnitt bättre än gruppen som inte hade fått uppleva modeller alls, men skillnaden var liten.

Effekterna av elevernas arbete med modellerna var tydligast när det gäller enklare faktakunskaper, såsom att kunna benämna cellens olika delar. När det gäller provfrågor som bedömdes ha en högre svårighetsgrad, som till exempel att kunna beskriva relationen mellan cellens struktur och funktion, var skillnaderna mellan alla tre grupperna små.

### 3.2.3 Undervisningsuppläggets betydelse för kunskapsutvecklingen

Sex studier undersöker betydelsen av olika undervisningsupplägg för elevers kunskapsutveckling. Alla dessa studier jämför minst två grupper av elever och använder någon form av tester för att utvärdera effekter på elevers ämneskunskaper.

I studien av Blanchard och kollegor [30] undersöker man vilka effekter guidade undersökningar har på elevers kunskaper om naturvetenskapliga begrepp och metoder med anknytning till kriminalteknik.

En grupp lärare fick i uppdrag att undervisa sina elever med hjälp av guidade undersökningar och en andra grupp lärare fick undervisa traditionellt med bekräftande undersökningar. De lärare som skulle ansvara för de guidade undersökningarna fick före studiens start ta del av sex veckors fortbildning och var ombedda att stötta eleverna med frågor under laborationerna, medan de lärare som skulle hålla i bekräftande undersökningar inte fick del av någon särskild fortbildning. Strategin för det guidade upplägget var bland annat att eleverna inom vissa ramar skulle få ta eget ansvar för datainsamling och tolkningen av resultat. Lärarens sätt att vägleda eleverna skulle utmärkas av att exempelvis ställa motfrågor i stället för att ge direkta svar samt uppmuntra eleverna till att resonera med varandra och efterforska utdelat undervisningsmaterial. För att göra det möjligt att bedöma i vilken utsträckning studiens lärare verkligen följde sina respektive anvisningar videofilmades all laborationsundervisning. Elevernas kunskapsutveckling utvärderades med hjälp av standardiserade tester.

Utän hänsyn till om lärarna hade lyckats följa sina respektive anvisningar kunde man inte påvisa några genomsnittliga skillnader mellan elevgrupperna med avseende på deras ämnesmässiga begreppskunskap. Analysen av videoinspelningarna visade dock att det hade varit stora

variationer gällande i vilken grad de lärare som skulle ha tillämpat guidade undersökningar verkligen hade gjort det; medan vissa lärare konsekvent hade följt sina anvisningar, hade andra bara tidvis gjort det. Genom att dela in eleverna i undergrupper utifrån hur följsamma lärarna hade varit visar resultaten att elever som konsekvent hade fått göra guidade undersökningar presterade bättre än elever som hade fått göra bekräftande undersökningar. Elever som bara delvis hade fått arbeta med guidade undersökningar presterade däremot i stället sämre. För att elevernas lärande skulle främjas av det guidade upplägget verkade det alltså krävas att strategin genomfördes fullt ut. En undervisning där eleverna varken fick de fasta ramarna som den bekräftande undersökningen innebär eller den vägledning som den guidade undersökningen förutsätter var ogynnsam för deras kunskapsutveckling.

I studien av Cheng och kollegor [32] undersöks effekter av laborationer i fysik och kemi enligt en modell för så kallat problembaserat lärande (PBL). PBL-modellen som man använde kan ses som en variant av ett guidat undervisningsupplägg och omfattar fem komponenter eller steg: 1) använda förkunskaper och identifiera viktiga vetenskapliga begrepp för att lösa ett problem, 2) föreslå i detaljerade steg minst två sätt att besvara en undersökningsfråga för att lösa problemet, 3) utvärdera och ge ett underbyggt förslag på vilken studiedesign som ska användas, 4) genomföra undersökningen enligt föreslagen design och 5) jämföra val av design och resultat med andra laborationsgrupper och argumentera för de egna valen. I studien jämförde forskarna en grupp elever som fick del av laborationsundervisning enligt PBL-modellen med en grupp elever som fick göra motsvarande bekräftande undersökningar. Elevgruppernas genomsnittliga kunskapsutveckling mättes med hjälp av tester i syfte att bedöma förståelse av ämnesspecifika begrepp och ämnesspecifik resonemangsförmåga. Därutöver analyserade man arbetsblad som eleverna hade skapat under arbetet med undersökningarna.

Resultaten visar entydigt att elever som fick arbeta enligt PBL-modellen i medeltal presterade betydligt bättre än elever som hade fått göra bekräftande undersökningar. Resultaten visar på goda effekter vad gäller elevernas kunskaper och förmåga att resonera om ämnesrelaterade begrepp, och effekterna kvarstod även på ett fördröjt eftertest sex veckor senare.

I studien av Strimaitis och kollegor [44] undersöks om guidade undersökningar gagnar elevers kunskapsutveckling i biologi. Fokus för studien är även att analysera om elevers förutsättningar också har betydelse för deras möjligheter att tillgodogöra sig en laborationsundervisning med hjälp av guidade undersökningar. En utgångspunkt för studien är att den traditionella bekräftande undersökningen oftast inte möjliggör för elever att reflektera över den naturvetenskapliga undersökningens områden från fråga till svar och att mer öppna arbetssätt kan innebära fler utvecklingsmöjligheter. Tanken är att det går att skapa fler vägar till kunskap genom att betrakta undersökningen som ett brett spektrum av naturvetenskapliga arbetssätt.

I studien följdes fyra lärare vid två olika skolor och deras laborationsundervisning inom ramen för ettåriga biologikurser. Vid en av skolorna gick elever som hade valt en mer avancerad utbildningsinriktning, medan den andra skolan hyste elever som hade valt en mer allmän

inriktning. Två grupper av elever, en från varje utbildningsinriktning, undervisades med hjälp av guidade undersökningar, medan de två andra grupperna i huvudsak fick göra bekräftande undersökningar.

Efter kursernas slut gjorde man en uppföljning genom att testa eleverna bland annat med avseende på deras utveckling av ämneskunskaper. Lärarnas undervisning och förhållningssätt följdes också upp genom intervjuer och genom att ta del av laborationsplaneringar.

Resultaten visar att eleverna i de båda grupper som hade fått göra guidade undersökningar uppvisade en större kunskapsförbättring än de andra två grupperna. Såväl elever som gick den avancerade utbildningsinriktningen som elever som gick allmän inriktning tycktes, utifrån sina respektive förutsättningar, kunna gynnas av att få göra guidade undersökningar.

I studien av Sesen och Tarhan [43] jämför forskarna elever som fått göra guidade undersökningar med elever som fått göra mer traditionella bekräftande undersökningar, med avseende på ämneskunskaper och attityder gentemot laborationer i kemi inom området elektrokemi. Det specifika ämnesinnehållet i laborationsundervisningen baserades på tidigare forskning om elektrokemiska fenomen som har visats vara svåra för elever att förstå.

De guidade undersökningarna innebar att elever, utifrån givna övergripande frågor, fick samarbeta i mindre grupper för att specificera frågorna och bestämma lämpliga upplägg för att kunna söka svar. I jämförelsegruppen fick elever i stället arbeta utifrån detaljerade instruktioner som steg för steg beskrev hur de skulle gå tillväga för att genomföra laborationerna. För att utvärdera elevernas kunskapsutveckling använde man ett test som bestod av en kombination av flervalsfrågor och textuppgifter.

Resultaten visar att elever som hade fått göra guidade undersökningar i genomsnitt presterade betydligt bättre än eleverna i jämförelsegruppen. En analys av elevernas svar på olika provfrågor tydde också på att dessa elever i genomsnitt uppvisade färre missuppfattningar gällande centrala elektrokemiska begrepp. Även när det gäller elevernas attityder gentemot laborationer i elektrokemi fick de elever som hade fått arbeta med guidade undersökningar en mer positiv inställning generellt. De upplevde också att arbetssättet var till nytta för deras lärande.

Studien av Schmidt-Borcherding och kollegor [36] undersöker effekter av olika upplägg av fysiklaborationer med avseende på elevers kunskapsutveckling och motivation. I studien jämfördes tre grupper av elever och deras laborativa arbete under en lektion om Hookes lag<sup>6</sup>. En grupp fick göra öppna, en andra grupp guidade och en tredje grupp bekräftande undersökningar. Det guidade upplägget skilde sig från det öppna på så sätt att eleverna kunde efterfråga ledtrådar och stegvis få del av ytterligare vägledning för att komma vidare i sina undersökningar. En utgångspunkt för detta upplägg var att försöka åstadkomma goda möjligheter för eleverna att ta eget ansvar för sina undersökningar, men samtidigt minska den ansträngning som ett öppet arbetssätt kan innebära. En och samma lärare ansvarade för alla laborationer och ämnesinnehållet var introducerat för eleverna i deras tidigare under-

---

6 Hookes lag beskriver en fysikalisk princip enligt vilken en kraft ger en deformation av mekaniska fjädrar och vissa elastiska material och är proportionell mot avvikelser från jämviktsläget.

visning. Efter laborationerna utvärderades elevernas ämnesspecifika kunskaper om Hookes lag med hjälp av ett test och för att skatta deras motivation användes en enkät.

Resultaten visar att elever som hade fått göra bekräftande undersökningar i medeltal presterade bäst och signifikant bättre än elever som hade fått göra öppna undersökningar. Ingen säkerställd skillnad kunde däremot påvisas mellan guidat respektive öppet undersökningsupplägg med avseende på kunskapsresultaten. När det gäller motivation och elevernas upplevelser av de olika arbetsätten visar resultaten att såväl det guidade som det öppna upplägget var mest gynnsamt. Eleverna i dessa grupper uppgav en i medeltal högre grad av intresse för uppgiften och kände sig mer aktiva än elever i gruppen som hade fått göra bekräftande undersökningar. Man kan tolka resultaten som att den guidade undersökningen representerar ett balanserat alternativ att organisera laborationen på för att elevernas kunskapsutveckling inte ska påverka deras motivation på ett negativt sätt.

Wolf och Fraser [38] jämför öppna med bekräftande undersökningar inom fysikundervisningen. De elever som gjorde öppna undersökningar fick ställa egna undersökningsfrågor, välja sätt att genomföra och samla in data, samt sammanställa resultaten från undersökningarna. Eleverna fick göra flera olika laborationer med olika ämnesinnehåll. I studien utvärderades såväl elevernas ämneskunskaper som attityder till och upplevelser av de olika lärmiljöer som de olika arbetsätten innebär.

På ett efterföljande kunskapsprov påvisades ingen genomsnittlig skillnad mellan elever som hade fått göra öppna undersökningar och elever som hade fått arbeta med bekräftande undersökningar. När det gäller lärmiljön uppfattade eleverna som hade fått göra öppna undersökningar sammanhållningen i gruppen som mer positiv. Däremot föll inga säkerställda skillnader ut för elevernas upplevelser av exempelvis lärarstöd, engagemang eller samarbetsmöjligheter.

I intervjuer som forskarna gjorde med en mindre grupp elever i efterhand antydde att flickor och pojkar kan ha uppfattat undervisningsuppläggen på olika sätt. Exempelvis noterades att flickor tydligare än pojkar gav uttryck för att de uppskattade det lärarstöd som de bekräftande undersökningarna innebär. Omvänt uttryckte pojkar uppskattning av den större frihet öppna undersökningar medgav. En annan aspekt som de intervjuade framförde generellt var att öppna undersökningar kunde innebära att arbetsbelastningen i grupper blev orättvis på så sätt att vissa elever fick ta större ansvar än andra.

#### 3.2.4 Betydelsen av specifika insatser och undervisningsverktyg

I tre studier undersöks effekter av specifika insatser eller undervisningsverktyg som kan användas i syfte att skapa förutsättningar för elevers utveckling av ämneskunskaper.

Hand och kollegor [34] undersöker om elevers användning av undervisningsverktyget science writing heuristic (SWH) kan bidra till deras utveckling av ämneskunskaper i cellbiologi. Verktyget, som finns i olika versioner, syftar till att underlätta sammanlänkningen

av de vetenskapliga förklaringsmodellerna, de egna observationsresultaten och de aktuella undersökningsfrågorna. I studien användes SWH också som stöd för att integrera ett vetenskapligt skrivande i själva laborationsaktiviteterna.

I studien jämförde forskarna tre grupper av elever och deras arbete med tre olika laborationer om cellens biologi som de fick göra under en kurs på åtta veckor. Den ena gruppen fick uppgiften att med stöd av SWH rapportera alla tre laborationer i en vetenskaplig slutrapport. En andra grupp fick också tillgång till SWH under laborationerna, men fick i uppgift att utforma sina slutrapporter avseende de tre laborationerna som pedagogisk lärobokstext i syfte att förmedla ämnesinnehållet till sina klasskamrater. En tredje kontrollgrupp fick göra laborationer på traditionellt vis och skriva sedvanliga rapporter efter varje laboration. Efter kursen utvärderades elevernas ämnesspecifika kunskaper om cellens struktur och funktion med hjälp av ett test. Därutöver blev eleverna intervjuade om sina upplevelser av att använda SWH i undervisningen.

Resultaten visar att båda elevgrupper som hade fått använda SWH under laborationerna presterade bättre än kontrollgruppen på kunskapstestet. Allra bäst presterade gruppen som också hade fått uppgiften att utforma sina slutrapporter som en lärobokstext med klasskamrater som mottagare.

I studien av Cetin och kollegor [31] undersöks en modell för laborationsundervisning, argument-driven inquiry (ADI), avseende elevers utveckling av ämneskunskaper i kemi och förmåga att skriva vetenskapligt argumenterande text. ADI-modellen, som har stora likheter med SWH, syftar bland annat till att uppmuntra eleverna till att fokusera på sammanlänkningen mellan egna observationsresultat och vetenskapliga förklaringsmodeller för att på så sätt stimulera till en bättre begreppsförståelse. I modellen understryks också vikten av det vetenskapliga argumentet, betydelsen av att kunna formulera argumenterande text och att ha gruppdiskussioner med kamratfeedback.

I studien jämförde man två grupper av elever och deras arbete med fyra laborationer om kemiska lösningar som de fick göra under en period om sju veckor. Den ena gruppen undervisades med stöd av ADI-modellen medan en kontrollgrupp fick göra mer traditionella undersökningar. I termer av lärar- respektive elevansvar kan ADI-laborationerna beskrivas som guidade undersökningar, där eleverna fick utgå från en fråga som de sedan skulle diskutera och själva planera sin undersökning utifrån. För att kontrollera att lärarna följde de två olika uppläggen som det var tänkt observerade forskarna undervisningen med hjälp av en checklista.

Elevernas kunskapsutveckling utvärderades med hjälp av ett test som bestod av textuppgifter i två delar. Den ena delen bestod av frågor där eleverna fick i uppgift att beskriva och definiera ett antal ämnesspecifika begrepp. Den andra delen bestod av uppgifter där eleverna i sina svar själva skulle uppmärksamma och använda relevanta begrepp på ett korrekt sätt.

Resultaten visar att elever som fick ta del av undervisning med stöd av ADI-modellen överlag presterade signifikant bättre i genomsnitt än eleverna i kontrollgruppen. Effekten på elevernas användning av relevanta begrepp var i medeltal dubbelt så stor som effekten på att beskriva givna begrepp, även om dessa två skattningar inte var statistiskt skilda från varandra.

Det innebär att undervisningen med stöd av ADI allra tydligast tycktes förbättra elevernas möjligheter att själva identifiera och använda relevanta begrepp i sina skriftliga svar.

I studien av Hodges och kollegor [42] undersöks användning av en digital läresurs som komplement till en praktisk laboration och effekter av arbetssättet på elevers kunskaper om redoxreaktioner. Läresursen man använder i studien är designad för att virtuellt illustrera kemiska mekanismer och på så sätt erbjuda eleverna en konkret upplevelse av en förklaringsmodell på atomär nivå i direkt anslutning till det laborativa arbetet. Arbetssättet som studien undersöker omfattar dock även ytterligare komponenter. Exempelvis bygger det också på idén att använda datorspel i undervisningen och på så sätt dra nytta av spelmekanismer i syfte att skapa motivation hos elever. Det sker genom att ämnesinnehållet ramas in i en spännande och verklighetsnära berättelse.

I studien jämförde forskarna två grupper av elever. Den ena gruppen fick först undervisning med stöd av den digitala läresursen medan en kontrollgrupp fick ordinarie undervisning. Därefter fick alla elever göra samma praktiska laboration. Elevgruppernas genomsnittliga kunskapsutveckling mättes med hjälp av ett prov där man jämförde både totala provpoäng och eventuella skillnader på specifika provfrågor.

Resultaten visar att gruppen som hade fått använda den digitala läresursen som komplement till det praktiska arbetet överlag presterade klart bättre än kontrollgruppen på det efterföljande provet. När det gäller enskilda provfrågor tyder resultaten på att elever som hade fått undervisning med den digitala läresursen lyckades särskilt väl med avseende på kunskaper om den elektrokemiska spänningsserien<sup>7</sup> och dess relevans för redoxreaktioner. En tolkning som man gör i studien är att möjligheten att visuellt få uppleva en förklaringsmodell också kunde skapa förutsättningar för elevernas kunskapsutveckling. Möjligheten för elever att kunna se en modell av kemiska reaktioner i nära anslutning till sina undersökningar tycktes kunna skapa förutsättningar för deras kunskapsutveckling.

#### 3.2.5 Betydelsen av labbgruppers organisation

Av de ingående studierna är det endast den av Ding och Harskamp [40] som undersöker betydelsen av olika sätt att organisera labbgrupper i relation till elevers utveckling av ämneskunskaper. I studien undersöks hur tre olika sätt att organisera grupperna kan påverka elevers utveckling av ämneskunskaper om syror och baser i kemi. Alla elever fick göra fyra olika laborationer inom området och man jämförde tre olika sätt att organisera arbetet: kamrathandledning, samarbetslärande respektive individuellt arbete. Kamrathandledningen som användes i studien innebar att eleverna arbetade i par och växelvis fick rollen som handledare. Tanken med upplägget var att handledarens uttalade uppgift att få förklara för en klasskamrat skulle kunna vara gynnsamt för både den elev som handleder och den elev som handleds. Samarbetslärande innebar att elever arbetade tillsammans, men utan att någon hade i uppgift

<sup>7</sup> Den elektrokemiska spänningsserien är den skala som visar i vilken ordning metallerna kommer när det gäller ädla och oädla metaller.

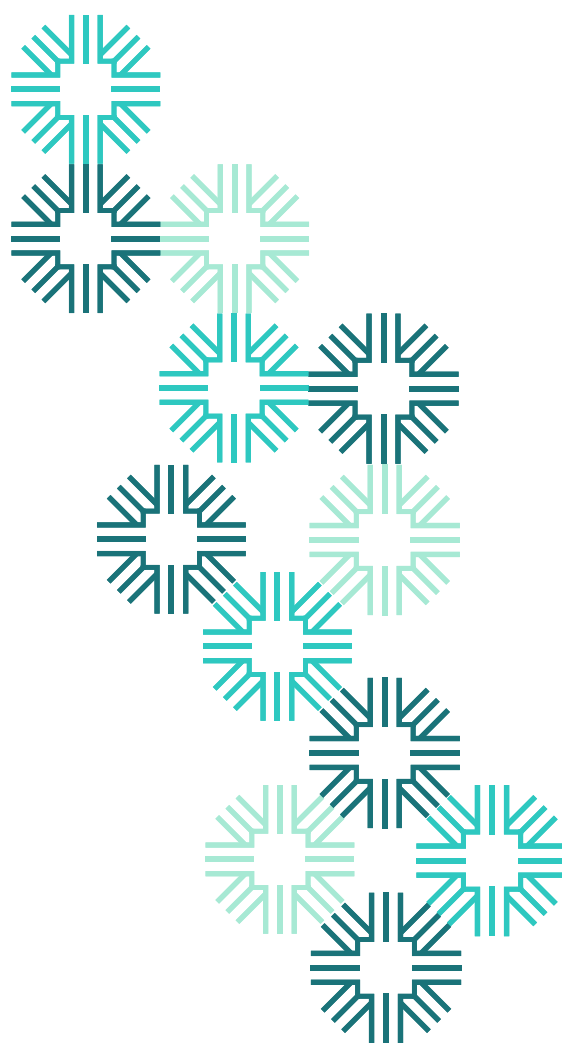
att vara ledare. Individuellt arbete innebar att elever fick jobba enskilt med att lösa sina laborationsuppgifter.

Alla grupper fick arbeta enligt ett strukturerat undervisningsupplägg på så sätt att frågorna var givna och de fick tillgång till instruktioner med övergripande vägledning om vilka metoder de skulle använda. Ämnesinnehållet, i termer av grundläggande principer bakom de fenomen som man skulle undersöka, var också introducerat för alla elever i förväg. Elevernas kunskapsutveckling utvärderades med hjälp av tester: ett i direkt anslutning till att laborationerna var slutförda och ett andra test tre månader senare. Därutöver skattade forskarna eleverns motivation med hjälp av en enkät och gjorde intervjuer med ett urval av elever.

Resultaten visar att elever i såväl kamrathandledningsgruppen som samarbetslärandegruppen i medeltal presterade bättre än elever som hade fått arbeta individuellt, och att effekten kvarstod vid uppföljningen efter tre månader. Vidare visas en tendens till att de elever som hade fått del av kamrathandledningen lyckades allra bäst på kunskapsproven. När det gäller motivation och elevernas upplevelser visar resultaten att de två uppläggen där eleverna hade fått arbeta tillsammans var mest gynnsamma. I intervjuerna framkom exempelvis att handledaruppdraget hade fått konsekvensen att elever kunde bli mer angelägna om att allt skulle bli rätt, vilket kan ge en förklaring till den gruppens bättre resultat. En ytterligare förklaring som eleverna antydde i intervjuerna var att upplägget, i relation till mer traditionellt samarbete, innebar en mindre risk att elever skulle åka snålskjuts på klasskamrater.







## 4. Att lära sig utföra naturvetenskap

Utöver att eleverna ska tillägna sig ämneskunskaper är ett syfte med laborationer att elever ska lära sig utföra naturvetenskap, det vill säga utveckla sin förmåga att genomföra systematiska undersökningar. Förmågan omfattar att kunna formulera undersökningsbara frågor, välja undersökningsmetoder, hantera material och utrustning, värdera resultat samt dra slutsatser och redovisa dessa. Beroende på vilka aspekter av en undersökning som ska betonas kan läraren lägga upp undervisningen på olika sätt genom att ge eleverna större eller mindre inflytande över olika delar av sina laborationer.

Ett sätt att få en överblick över den naturvetenskapliga undersökningens olika aspekter är att dela upp den i generella undersökningsområden. Även om en uppdelning är användbar för att förstå olika aspekter betyder det inte att laborativt arbete nödvändigtvis består av separata aktiviteter som utförs i en sekvens. Många gånger överlappar områdena och växelverkar med varandra, i synnerhet är det fallet när det gäller riktig, autentisk forskning [1], [5], [6], [14], [45].

Vi har valt att betrakta den naturvetenskapliga undersökningen med hjälp av följande fyra områden:

- att planera
- att genomföra
- att värdera
- att dokumentera.

**Att planera** och formulera en undersökningsbar fråga är en central aspekt av en undersökning. Frågan utgår från vad som tidigare är känt och vilken ny kunskap man eftersträvar. Olika frågor kommer att kräva olika undersöknings- och analysmetoder. Det innebär att tillgången till material och utrustning också har en viktig betydelse för vilka frågor som går att ställa i en viss situation. När undersökningsfrågan växer fram bestäms även hur undersökningen

ska utformas, vilken information som behövs och hur informationen ska registreras. I planeringen blir det tydligt vad man kan uppnå med undersökningen, om föreslagna tekniker har potential att leverera den information som behövs för att så småningom kunna komma fram till ett svar på undersökningsfrågan [1], [4], [5], [6]. En typ av undersökningsfråga som ofta är relevant för det traditionella experimentet är hypotesen. En hypotes är ett antagande för att förutsäga eller förklara något, och som kan prövas med hjälp av iakttagelser. De iakttagelser man gör kan leda till slutsatsen att hypotesen är styrkt eller falsifierad [46], [47].

**Att genomföra** innebär att verkställa planeringen och samla in relevant information. För att genomföra undersökningen krävs också att eleverna kan hantera det material och den utrustning som de behöver på rätt sätt. Laborativt arbete måste utföras noggrant och säkert för att minska riskerna för exempelvis mätfel eller för att skada sig själv eller andra.

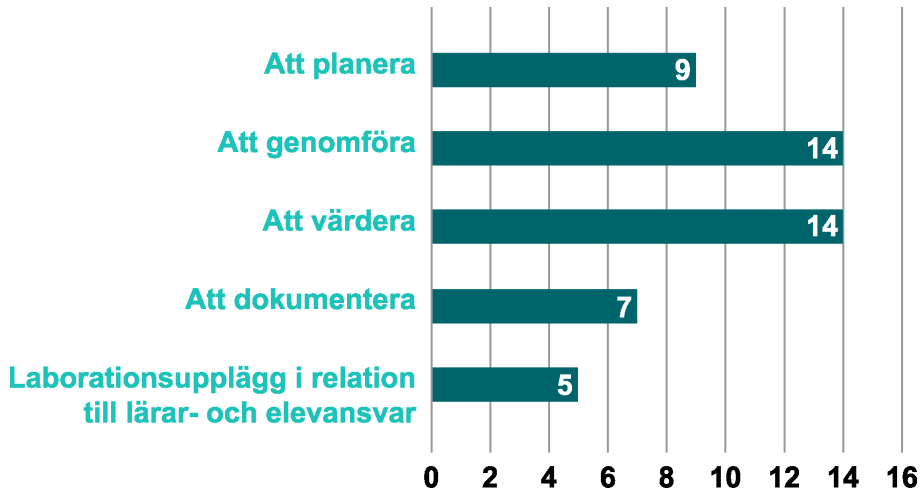
**Att värdera** innebär att ge mening åt den information, den data, som undersökningen skapar. Informationen blir meningsfull genom att eleverna bearbetar och tolkar den i relation till teorier om och modeller av det fenomen som de undersöker. Det är vanligen först med teoriernas hjälp som det går att dra slutsatser och bedöma slutsatsernas trovärdighet och tillförlitlighet. Beroende på vilka antaganden man gör och vilka teorier som används kan slutsatserna bli olika<sup>8</sup>. Observationer är teoriberoende i den meningen att de utgår från våra föreställningar om vilka slags empiriska beskrivningar som ger det bästa underlaget för att utröna naturens regelbundenheter [1], [2], [4], [5], [6].

**Att dokumentera** innefattar att redovisa slutsatser genom att steg för steg lägga fram argument. En viktig del av argumentationen är att också redogöra för vad, hur och varför man gått till väga på ett visst sätt samt att diskutera undersökningens styrkor och svagheter. Därigenom blir det möjligt för andra att kritiskt granska och bedöma hur välgjord undersökningen är och om slutsatserna kan underbyggas på ett trovärdigt sätt. Att redovisa naturvetenskapliga undersökningar förknippas vanligen med skriftliga framställningar – inom forskningen i form av vetenskapliga publikationer och i ett skolsammanhang i form av laborationsrapporter. Men en undersökning kan även kommuniceras på andra sätt, till exempel genom muntliga redovisningar och diskussioner. Att dokumentera innefattar också strategier och verktyg för att planera och organisera arbetet med en undersökning [1], [2], [4], [5], [6].

Utöver att kategorisera studiernas forskningsresultat utifrån dessa fyra generella undersökningsområden, ingår också en femte kategori som belyser undervisningsupplägg i relation till lärar- och elevansvar. Diagrammet i figur 4 ger en överblick över hur studiernas forskningsresultat fördelar sig mellan kategorierna. Flera av studierna presenterar forskningsresultat som är relevanta för fler än en kategori.

8 Ett klassiskt exempel från fysiken är ljusets så kallade våg-partikeldualitet som innebär att ljus (elektromagnetisk strålning) uppvisar både vågegenskaper och partikelegenskaper.

FIGUR 4. Studiernas resultat fördelat på kategorier



## 4.1 Att planera: att formulera undersökbara frågor och lägga upp undersökningar

En naturvetenskaplig undersökning utgår alltid från en fråga. Frågorna kan ha olika karaktär, men måste ha gemensamt att de går att besvara genom en undersökning. Undersökningens fråga växer fram i växelverkan med hur undersökningen planeras och läggs upp [1], [8], [14].

Vi har identifierat nio studier i underlaget som redovisar resultat om elevers arbete med att formulera undersökningsfrågor och planera undersökningsupplägg. Fem av studierna berör elever i grundskolan [37], [38], [48], [49], [50] och fyra studier handlar om elever i gymnasieskolan [51], [52], [53], [54]. När det gäller undervisningsämnen berörs biologi i två studier [48], [49], fysik i fyra studier [37], [38], [48], [50] och kemi i fem studier [48], [51], [52], [53], [54].<sup>9</sup>

### 4.1.1 Sammanfattning av resultaten

Att planera en undersökning och formulera undersökbara frågor är något som elever kan uppleva som svårt. Sammantaget visar forskningen att elever behöver få förutsättningar att lära sig vad som kännetecknar undersökbara frågor. Det kan åstadkommas genom en undervisning som tydligt fokuserar på frågeformulering och som introducerar eleverna till olika kategorier av frågor som är möjliga att besvara i ett skolsammanhang. Exempel på sådana kategorier är beskrivande frågor, jämförande frågor, frågor som relaterar till orsak och verkan,

<sup>9</sup> Studier kan beröra fler än ett undervisningsämne.

förutsägande frågor och förklarande frågor [48]. Genom att dela tankar om egna, och ge respons på andras, förslag kan bättre frågor växa fram i samarbete mellan elever [38], [52], [53], [54].

Av de studier som presenterar resultat med avseende på att planera och formulera undersökningsbara frågor är det många som berör naturvetenskapliga experiment och vad som kan benämnas strategier för variabelkontroll [37], [38], [49], [50], [51], [52], [53], [54]. Att förstå variabelkontroll innebär till exempel att kunna avgöra vad som skiljer kontrollerade från okontrollerade experiment och hur det är möjligt att gå till väga för att isolera variabler, det vill säga att säkerställa att man undersöker endast en variabel åt gången. Inom ramen för experimentet är kunskaper om variabelkontroll viktiga för att kunna formulera lämpliga frågor och planera hur man ska genomföra en undersökning för att nå ett tillförlitligt svar.

Sammantaget framgår att en laborationsundervisning som har fokus på experimentet behöver utformas på ett sätt som gör det tydligt hur och varför man kontrollerar variabler [49], [51]. Elever kan i planeringsfasen också behöva uppmärksammas på att tänka igenom om det kan finnas störande variabler och hur dessa i så fall kan hanteras [51]. Elever som uppvisar goda kunskaper om variabelkontroll i sina planeringar har bra förutsättningar för att genomföra experiment framgångsrikt [49]. Lärare kan undervisa om hur eleverna kan utforma tillförlitliga experiment både direkt inom ramen för laborationsundervisningen och i mer teoretisk klassrumsundervisning [37]. Undervisningen behöver ta höjd för att elevers utveckling av kunskaper om att formulera frågor, planera undersökningar samt vad som kännetecknar variabler tar tid och att de kan behöva upprepade aktiviteter med detta fokus [38], [48], [51], [52], [53], [54].

Resultaten visar att elever har lättare både att formulera frågor och att planera experiment där variabler samvarierar tydligt och positivt. En positiv samvariation innebär att värdet på en beroende variabel blir större ju större värdet är på en oberoende variabel. Ett exempel från en av de ingående studierna är ett pendlexperiment där elever får undersöka hur en pendels längd samvarierar med svängningstiden [50].

### 4.1.2 Beskrivning av ingående studier

I tabell 2 listas de studier som underbygger avsnittets sammanfattning. Direkt efter tabellen summeras forskningsresultaten från varje enskild studie som ingår. Resultaten presenteras i den ordning som ges i tabellen.

TABELL 2. Ingående studier: Att planera

STUDIE	ÄMNE NIVÅ	UPPLÄGG	DELTAGARE
Chin och Kayalvizhi, 2002 Singapore [48]	bi, fy, ke hö	dokumentanalys, 2 månader	1 klass, 39 elever, 11–12 år, 1 lärare
Hofstein m.fl., 2004 Israel [53]	ke gy	dokumentanalys, 2 år	7 klasser, åk 11–12
Hofstein m.fl., 2005 Israel [52]	ke gy	jämförande (kv), tester, 2 grupper, 2 år	6 klasser, 111 elever, 17–18 år
Kipnis och Hofstein, 2008 Israel [54]	ke gy	observationer, djupintervjuer, dokumentanalys, 20 tillfällen	8 klasser, 3 elever, åk 11–12
Arnold m.fl, 2014 Tyskland [51]	ke gy	test/enkät, observation	96/12 elever, 16–18 år
Kanari och Millar, 2004 Storbritannien [50]	ke hö	observationer, intervjuer	60 elever, 10–14 år
Garcia-Mila m.fl., 2011 Spanien [49]	bi hö	intervjuer, dokumentanalys, 4 veckor	1 klass, 34 elever, 11–12 år
Schwichow m.fl., 2016 Tyskland [37]	fy hö	jämförande (rct), tester, 2 grupper, 2 dagar	161 elever, 12–15 år
Wolf och Fraser, 2008 USA [38]	fy hö	jämförande (kv), tester, en- kät, intervjuer, 2 grupper, 8 veckor	8 klasser, 165/20 elever, åk 7, 2 lärare

bi=biologi, fy=fysik, ke=kemi, hö=högstadium, gy=gymnasieskola, kv=kvasiexperimentell, rct=randomiserad kontrollerad studie

I studien av Chin och Kayalvizhi [48] undersöks vilken typ av frågor elever kan ställa och hur lärare både kan ge eleverna stöd i att identifiera relevanta undersökningsområden och lära dem vad som kan känneteckna att en fråga är undersökningsbar.

Resultaten visar att när eleverna fritt, och enskilt, fick formulera frågor ställde de gärna frågor som är svåra att besvara, såsom hur djur blir till eller om det finns liv i universum. Vid fri frågeformulering var endast ett fåtal av elevernas frågor undersökningsbara. När däremot elever tillsammans i grupp fick diskutera möjliga frågeställningar och samtidigt ta del av exempel, förbättrades deras möjligheter att formulera undersökningsbara frågor påtagligt. Således tycktes både övning och samarbete kunna underlätta för eleverna att ställa bättre frågor.

Baserat på studiens resultat föreslår forskarna en typologi för undersökningsbara frågor att kunna ställa i ett skolsammanhang. Kategorierna kan fungera som rättesnöre för diskus-

sioner med eleverna som inte kan förväntas ha en intuitiv förmåga att avgöra vilken typ av frågor som är undersökningsbara.

- Jämförande frågor: om olika val man kan behöva göra eller klassificeringar, som exempelvis om salt löser sig lättare än socker i vatten.
- Orsak-och-verkan-frågor: om orsakssamband, som exempelvis om högre temperatur ökar ett ämnes löslighet i vatten.
- Förutsägande frågor: om vad som kommer att hända i en viss situation givet vissa förutsättningar, som exempelvis vad som händer med ett föremåls hastighet på ett lutande plan om planet ges större lutning. Denna kategori är snarlik orsak-och-verkan-frågor, men med skillnaden att det räcker att förutsäga effekter utan att försöka bestämma underliggande orsaker.
- Förklarande frågor: om vad som kan förklara ett fenomen, som exempelvis varför salt löser sig i vatten. Dessa frågor är ofta kopplade till observationer och kan knyta an till olika förklaringsmodeller.
- Beskrivande frågor: om att identifiera framträdande egenskaper och klassificera objekt eller fenomen, som exempelvis vilka insekter som går att finna i en viss miljö.
- Mönstersökande frågor: om relationer mellan variabler eller mer komplexa företeelser, som exempelvis vad relationen är mellan kroppsvikt och den mat man äter. Dessa frågor kräver ofta observationer och flera mätpunkter för att besvara.
- Problemlösande frågor: om konkreta problem kopplade till ett specifikt ämnesinnehåll, exempelvis hur det går att skilja på salt och sand i en vattenlösning.
- Design- och konstruktionsfrågor: om hur man kan lösa tekniska problem ändamålsenligt, som exempelvis hur man konstruerar en hållbar bro. Dessa frågor relaterar vanligen mer till teknikämnet.
- Validering av mentala modeller: om teorier eller modeller som sammanhängande beskrivningar av en klass av fenomen, som exempelvis vilka relationer det finns mellan de biokemiska processer som sker inom ett slutet akvarium.

Två studier av Hofstein och kollegor belyser också elevers förmåga att ställa frågor i laborationsundervisningen i kemi. Den ena studien [53] utvecklar en struktur för öppna undersökningar, det vill säga undersökningar där eleverna har stort eget ansvar för planering och genomförande, och hur dessa laborationer kan utvärderas. I den andra studien [52] jämförs elever som fått göra öppna undersökningar med elever som fått göra mer traditionella bekräftande undersökningar, med avseende på deras förmåga att ställa undersökningsbara frågor.

Jämförelserna pågick under två års tid och omfattade totalt 15 olika laborationsaktiviteter, vilket också möjliggjort för forskarna att studera utvecklingen av elevers frågeställningsförmåga över tid. Elevernas frågor bedömdes i anslutning till två olika undervisningsaktiviteter: dels en praktisk undersökning, dels en övning där eleverna fick kritiskt granska en vetenskaplig artikel.

Resultaten visar att elever som hade blivit undervisade i att formulera undersökningsbara frågor i genomsnitt också ställde fler frågor totalt, och att betydligt fler av dessa var kvalificerade jämfört med kontrollgruppen. Forskarna noterade samma mönster i båda undervisningsaktiviteterna. En längre period av undervisning där eleverna successivt och över tid har fått träna upp sin förmåga att undersöka tycktes alltså kunna skapa förutsättningar för elever att utveckla sin förmåga att ställa bättre frågor.

Analysen av elevernas utveckling över tid visar att de till en början främst ställde frågor av enklare natur, till exempel om värme orsakar ett visst ämnes fasövergång. Successivt ökade däremot elevernas förmåga att ställa mer kvalificerade frågor som de också kunde undersöka experimentellt, till exempel hur man kan beskriva sambandet mellan mängden vatten som tillsätts till kopparsulfat och den energi som frigörs. Även elevernas kunskap om vikten av att planera experiment på ett sätt som gör det möjligt att kontrollera variabler, så att endast en variabel undersöks åt gången, tilltog med tiden. Författarna lyfter också fram att förmågan att formulera undersökningsbara frågor inte var bunden till varken en specifik aktivitet eller ett specifikt ämnesinnehåll, utan eleverna kunde använda sina kunskaper i olika sammanhang.

I studien av Kipnis och Hofstein [54] kompletteras resultaten från studierna av Hofstein och kollegor [52], [53] genom att djupstudera kommunikationen och samarbetet mellan elever som fått arbeta med de öppna undersökningarna.

När det gäller elevers arbete med planering och frågeformulering visar resultaten att elevernas samtal i riktning mot att tillsammans kunna välja en undersökningsfråga präglades av gruppens tillgängliga ämneskunskaper. Genom att dela tankar om, och ge respons på, egna och andras förslag till undersökningsfrågor blev det tydligt hur en fråga kunde växa fram. I samtalen aktiverades elevers tankar om hur man bör formulera frågan för att det ska finnas förutsättningar för att så småningom kunna dra slutsatser. Kommunikationen präglades då även av elevernas tidigare praktiska erfarenheter av att göra undersökningar och deras förmåga att föreställa sig kommande steg i undersökningen. Resultaten indikerar därmed att elevers eget arbete med planering och frågeformulering kan stimulera till metakognitiva samtal där de reflekterar över, och föreställer sig, konsekvenser av olika val.

I studien av Arnold och kollegor [51] undersöks elevers förmåga att designa experiment med fokus på deras förståelse av vad som kännetecknar variabler och hur dessa kan kontrolleras samt hur man kan studera orsakssamband. Forskarna utvärderade elevernas resultat mot bakgrund av hur väl deras designer medgav: 1) att mäta en beroende variabel, 2) att en oberoende variabel kan varieras på ett kontrollerat sätt, 3) att säkerställa att andra tänkbara variabler inte stör, 4) att specificera när, hur länge och med vilka intervall mätningar ska göras samt 5) att ett experiment kan upprepas för att säkerställa ett resultat.

Upplägget för laborationen var sådant att undersökningsfrågor i form av hypoteser var givna av läraren på förhand. Eleverna fick också i sina instruktioner kortfattad information om det fenomen som de skulle undersöka. Ämnesområdet för undersökningen var även introducerat för eleverna i undervisningen sedan tidigare.



Studiens resultat visar att eleverna hade svårt att klara att designa sofistikerade variabelförsök på egen hand. Elevernas design var typiskt sett elementära; försöksuppläggen bestod i att variera den oberoende variabeln och mäta den beroende variabeln på ett enkelt sätt utan att ägna särskild uppmärksamhet åt övriga aspekter såsom risken att eventuella störande variabler kan påverka ett resultat.

I studien av Kanari och Millar [50] studeras hur elever resonerar under planering och genomförande av experiment med fokus på förhållanden mellan två variabler. I studien ingick två olika uppgifter. För varje uppgift presenterade läraren två oberoende och en beroende variabel för eleverna, där en samvariation fanns i det ena fallet, men saknades i det andra fallet. Uppgifterna var konstruerade på så sätt att eleverna skulle kunna misstänka att en samvariation kunde finnas i båda fallen. Eleverna arbetade individuellt och fick inför sina experiment tre hypoteser att välja mellan som förslag på samband att undersöka.

När det gäller planering visar studiens resultat att elever om möjligt gärna ställde hypoteser om att variabler samvarierar och, i synnerhet, sådana om att variabler samvarierar positivt. Ett exempel från studien är ett pendlexperiment där elever fick undersöka hur en pendels längd samvarierar med svängningstiden.

Garcia-Mila och kollegor [49] undersöker hur elevers metastrategiska förmågor samt användning av minnes- och planeringsstöd i form av anteckningar kan ha betydelse för deras möjligheter att lösa en experimentuppgift på ett korrekt och effektivt sätt. Forskarna analyserade elevernas metastrategiska förmågor genom att studera deras spontana anteckningar under loppet av en serie experiment de fick göra för att besvara en given undersökningsfråga. Elevernas uppgift bestod i att jämföra två olika grödor, två olika ljuskällor och två olika gödningsmedel för att ta reda på hur avkastningen kunde maximeras.

Alla elever instruerades att besvara undersökningsfrågan under loppet av totalt tio försök i en serie sessioner. Eleverna fick visst stöd genom att läraren inför varje session uppmanade dem att tänka igenom tidigare och kommande experiment. Eleverna fick tillgång till anteckningsböcker som arbetsverktyg för sina planeringar, men inga direkta instruktioner om hur de kunde användas.

Teoretiskt är det möjligt att lösa den aktuella uppgiften efter den andra sessionen. Analyserna av elevernas anteckningar visar att de som inom fyra sessioner lyckades lösa uppgiften i medeltal också redovisade betydligt fler kompletta anteckningar i form av intentioner och planer jämfört med elever som då inte hade löst uppgiften. De elever som uppvisade kunskaper om hur variabler kan kontrolleras lyckades bäst med att planera och genomföra experimenten.

Studien av Schwichow och kollegor [37] har också fokus på elevers kunskaper om och färdigheter i att experimentera och kontrollera variabler. I studien jämförde forskarna en grupp elever som hade fått göra en klassisk praktisk laboration med en grupp som i stället hade fått träna på motsvarande ämnesinnehåll inom ramen för en papper-och-penna-uppgift om ett tänkt experiment.

Efter att båda grupperna genomfört sina respektive aktiviteter testades alla elevers kunskaper och färdigheter på två olika sätt: dels på teoretiska kunskapsprov, dels genom att de fick göra färdighetstester.

När det gäller elevernas begreppsliga kunskap om experiment och variabelkontroll påvisas ingen skillnad mellan grupperna på efterföljande prov. Det innebär att såväl den praktiska undersökningen som papper-och-penna-uppgiften gav liknande resultat med avseende på elevers teoretiska kunskaper i metodlära.

I studien av Wolf och Fraser [38] undersöks elevers arbete med öppna undersökningar i jämförelse med bekräftande sådana med avseende på deras förmåga att designa kontrollerade experiment. Elever som fick göra öppna undersökningar skulle i sina designer välja sätt att genomföra och samla in data, samt sammanställa resultaten från undersökningen.

I studien utvärderade man elevernas lärande och attityder till naturvetenskap samt deras upplevelser av de olika lärmiljöer som de olika arbetssätten innebär.

Gällande elevers planering tyder resultaten på att de som fick göra öppna laborationer till en början behövde tydligt stöd och vägledning från lärare för att förmå lägga upp undersökningar på ett kontrollerat sätt. Allteftersom eleverna fick öva blev de dock bättre på att själva hantera detta och deras samtal om tänkbara lösningar fördjupades också.

## 4.2 Att genomföra: att göra praktiska undersökningar och samla in information

För att lyckas med en undersökning måste material och utrustning hanteras på rätt sätt. Mätningar och registrering av information behöver göras noggrant så att observationer inte blir otydliga i onödan. Att genomföra praktiska undersökningar kan skapa förutsättningar för elever att utveckla sin observationsförmåga och att bli bekanta med laborativa tillvägagångssätt. Det finns också säkerhetsaspekter att hela tiden vara vaksam på; laborationerna förutsätter ofta att eleverna får handskas med exempelvis kemikalier, biologiskt material och olika sorters utrustning [1], [8], [14].

Vi har identifierat 14 studier i underlaget som redovisar resultat om elevers tillvägagångssätt, hantering av utrustning och datainsamling. Åtta av studierna berör elever i grundskolan [37], [38], [39], [55], [56], [57], [58], [59] och sex studier handlar om elever i gymnasieskolan [51], [54], [60], [61], [62], [63]. När det gäller undervisningsämnen berörs biologi i tre studier [56], [58], [63], fysik i åtta studier [37], [38], [55], [56], [57], [58], [59], [60] och kemi i sju studier [39], [51], [54], [56], [59], [61], [62].<sup>10</sup> Tre studier lyfter upp användningen av digitala verktyg [61], [62], [63], exempelvis som hjälpmedel för att samla in data.

---

<sup>10</sup> Studier kan beröra fler än ett undervisningsämne.

### 4.2.1 Sammanfattning av resultaten

Sammantaget framgår att elever kan ha svårt att hantera utrustning och förstå varför den ser ut som den gör samt tillgodogöra sig olika undersökningsupplägg [37], [38], [51], [56], [57], [62]. Exempelvis kan det vara en utmaning för elever att tillämpa kunskaper om såväl specifik utrustning som hur de bör lägga upp en undersökning när de ska omsätta kunskaperna i handling [51], [56]. Att bemästra något specifikt, till exempel utrustning eller en viss laborationsprocedur, kan underlättas av att eleverna får träna på just detta och därmed får förutsättningar att utveckla specifika handlingskunskaper [37], [38]. Om eleverna lär sig principer bakom hur utrustning är konstruerad och varför den har givits vissa specifika funktioner, kan det främja att de också kan nyttja utrustningen på rätt sätt [56]. Lärare behöver tänka igenom och prioritera vilken typ av laborationer som eleverna bör göra om det är ett mål att eleverna ska tillägna sig specifika tillvägagångssätt eller lära sig hur viss utrustning fungerar.

På vilket sätt labbinstruktioner är utformade kan ha betydelse för hur ansträngande det är för elever att ta dem till sig och därmed hur väl de kommer att kunna genomföra laborationen. Med tydliga och informativa instruktioner, till exempel genom tillägg av illustrationer [57], kan elever ägna mer av sin uppmärksamhet åt det praktiska arbetet och mindre åt att förstå själva instruktionerna och hur utrustningen fungerar.

Mer speciell utrustning, såsom digital mät- och analysutrustning, kan användas exempelvis för att förbättra mätningars noggrannhet och att skapa representationer av information [61], [62]. Att komplettera mer traditionellt labbarbete med digitala undervisningsresurser, såsom vetenskapliga databaser, kan bidra med nya perspektiv på vad det kan innebära att göra naturvetenskapliga undersökningar. Men för att dessa verktyg och resurser ska bli ett bidragande tillskott i laborationerna kan läraren först behöva tydliggöra vad laborationerna ska vara till för, och vara medveten om vilka föreställningar eleverna kan ha om laborativt arbete [61], [62], [63]. I underlaget finns exempel på att man i undervisningen kan lyckas att dra nytta av sådana arbetssätt, men samtidigt innebär det en risk att själva utrustningen kommer i fokus [61], [62], eller att eleverna uppfattar att undervisningen handlar om något annat än laborationer [63]. Det är tydligt att såväl lärarens förhållningssätt till både ämne och undervisning som elevernas förväntningar påverkar det som sker under laborationen [61], [62], [63].

Elevernas kommunikation under tiden för det praktiska arbetet kan relateras till den förståelse och atmosfär eleverna skapar via samtal, ämnesinnehåll och samspel [54], [55], [59], [60]. Då många olika nya aspekter involveras i laborationerna medför det att eleverna styr över sina samtal och argument till det som är hanterbart. Det kan innebära att samarbetet handlar om att använda utrustning på rätt sätt, om specifika procedurer och helt enkelt om att få laborationen att fungera. Det kumulativa samtalet, där elever okritiskt accepterar varandras idéer och uppmaningar, kan här bli framträdande – men också funktionellt – för att uppnå gruppens gemensamma mål [60]. De kunskaper och erfarenheter som individerna i en grupp besitter har betydelse för möjligheterna att finna lösningar, exempelvis genom att det påverkar rollfördelningen och gruppens förmåga att övervaka och ompröva olika idéer [54], [55]. Arbets- och rollfördelningen i labbgrupper kan leda till orättvisor och

missgynna både gruppens möjligheter att lösa en uppgift och enskilda individers lärande [38], [55]. Ett specifikt exempel är när eleverna själva utser någon som är ”expert” på den utrustning de använder och sedan förlitar sig på dennes kunskaper, oavsett om de är tillräckliga eller inte för att komma fram till resultat i laborationen [55]. I dessa sammanhang är det viktigt att också vara vaksam på arbets- och rollfördelningen mellan flickor och pojkar. Ett par av studierna uppmärksammar risken att pojkar både kan ta för sig mer och ge uttryck för högre självförtroende än flickor när det kommer till att förstå och använda utrustning [38], [55].

I datainsamlingsfasen kan eleverna få förutsättningar att träna sin förmåga att kontrollera och övervaka olika förslag till försöksupplägg. Men om läraren uppmuntrar eleverna att själva söka lösningar till hur en undersökning ska konkretiseras i labbet kan de idéer som eleverna föreslår av säkerhetsskäl behöva bevakas av läraren [38], [54]. Dock finns en risk att säkerhetsfrågorna också stjälar fokus från andra viktiga aspekter genom att säkra procedurer får hög prioritet i undervisningen [39], [58]. Lärarens möjligheter och sätt att hantera elevernas responser och frågor om material som används kan bli motsägelsefullt för eleverna, vilket i sin tur kan bli ett hinder för deras upplevelse av laborationens relevans. Elever kan ställa frågor som omriktar gruppens uppmärksamhet, varför lärarens möjligheter att bemöta dessa frågor på ett klargörande sätt blir viktigt [58].

#### 4.2.2 Beskrivning av ingående studier

I tabell 3 listas de studier som underbygger avsnittets sammanfattning. Direkt efter tabellen summerar vi forskningsresultaten från varje enskild studie som ingår. Resultaten presenteras i den ordning som ges i tabellen.

TABELL 3. Ingående studier: Att genomföra

STUDIE	ÄMNE NIVÅ	UPPLÄGG	DELTAGARE
Fadzil och Saat, 2017 Malaysia [56]	bi, fy, ke hö	observationer, elevintervjuer, 6 månader	10 elever, 4 skolor
Arnold m.fl., 2014 Tyskland [51]	ke gy	test/enkät, observation	96/12 elever, 16–18 år
Haslam och Hamilton, 2010 Nya Zeeland [57]	fy hö	jämförande, tester, upp- märksamhetstest, enkät, 1 lektion, 2 grupper	96 elever, 14 år
Schwichow m.fl., 2016 Tyskland [37]	fy hö	jämförande (rct), tester, 2 grupper, 2 dagar	161 elever, 12–15 år
Wolf och Fraser, 2008 USA [38]	fy hö	jämförande (kv), tester, enkät, intervjuer, 2 grupper, 8 veckor	8 klasser, 165/20 elever, åk 7, 2 lärare

#### 4. ÅTT LÄRA SIG UTFÖRA NATURVETENSKAP

Marcum-Dietrich och Ford, 2002 USA [61]	ke gy	jämförande (rct), tester, dokumentanalys, observationer, intervjuer, 2 grupper, 2 veckor	5 klasser, ca 100 elever, åk 10
McRobbie och Thomas, 2000 Australien [62]	ke gy	observationer, intervjuer, tester, 5 veckor	1 klass, 21 elever, 15–16 år, 1 lärare
Munn m.fl., 2017 USA [63]	bi gy	jämförande (kv), tester, enkät, intervjuer, 2 grupper, 3 veckor	259 elever, åk 9–12, 6 lärare
Andersson och Enghag, 2017 Sverige [60]	fy gy	observation, 1 lektion	1 klass, 20 elever, 1 lärare
Kind m.fl., 2011 Storbritannien [59]	fy, ke hö	observationer, jämförande, 3 grupper, 2 veckor	3 klasser, 67 elever, 12–14 år, 1 lärare
Carter m.fl., 1999 USA [55]	fy hö	observationer, 3 veckor, 150 timmar	1 klass, 26 elever, åk 9, 2 lärare
Kipnis och Hofstein, 2008 Israel [54]	ke gy	observationer, djupintervjuer, dokumentanalys, 20 tillfällen	8 klasser, 3 elever, åk 11–12
Lundin och Lindahl, 2014 Sverige [58]	bi, fy hö	observationer, 30 timmar	2 klasser, 13 och 15 år, 2 lärare
Högström m.fl., 2010 Sverige [39]	ke hö	observationer, intervjuer, 4 lektioner	1 klass, 25 elever, 13–14 år, 1 lärare

bi=biologi, fy=fysik, ke=kemi, hö=högstadium, gy=gymnasieskola, kv=kvasiexperimentell, rct=randomiserad kontrollerad studie

Fadzil och Saat [56] beskriver elevers kunskaper om, och färdigheter i att använda, standardutrustning för skollaboratoriet. Forskarna observerade eleverna, som arbetade individuellt, under fyra olika laborationer och eleverna fick också i intervjuer svara på frågor om den utrustning som användes.

Resultaten visar att eleverna både kunde benämna utrustningen korrekt och förklara vad exempelvis brännare, mikroskop, mätglas och termometer används till. När de däremot själva fick välja utrustning för en viss uppgift var det vanligt att de inte valde det bästa alternativet. Exempelvis valde flera elever att mäta upp vätskevolymen i bägare i stället för i mätglas. När det gäller hur utrustningen tekniskt är konstruerad eller vilka funktioner olika delar av apparaturen har visade eleverna vidare stora brister i sina kunskaper. Likaså hade eleverna svårt att hantera utrustningen på rätt sätt för att skapa bästa möjliga förutsättningar för att få precisa resultat. Analysen tyder på att det var en utmaning för eleverna att i det praktiska arbetet lyckas dra nytta av sina teoretiska kunskaper om utrustningen.

Baserat på studiens resultat gör forskarna tolkningen att elevernas förståelse av och färdigheter i att hantera labbutrustning på ett ändamålsenligt sätt tycktes kunna utvecklas hierarkiskt. Grundläggande kunskaper som att känna igen och kunna benämna utrustningen föregick att förstå principer bakom hur den är konstruerad och varför den har givits vissa specifika funktioner eller egenskaper samt hur dessa funktioner kunde nyttjas på rätt sätt.

I studien av Arnold och kollegor [51], om elevers förmåga att designa experiment med fokus på deras förståelse av variabelkontroll, undersöks bryggan mellan elevers planering och genomförande av variabelförsök. I studien bedömde forskarna hur eleverna kunde resonera med varandra, hur de skriftligen framställde vad de planerade att göra och vad de sedan faktiskt gjorde i själva labbsituationen.

Studiens resultat visar att aspekter som eleverna kunde ha diskuterat med varandra inte nödvändigtvis visade sig i varken deras skrivna planeringar eller genomförande. Exempelvis noterade forskarna att eleverna kunde resonera om metodaspekter som att det kunde finnas störande variabler som kan påverka resultatet, men sedan inte vidta några åtgärder för att minska sådana risker i själva genomförandet. Resultaten tyder på att eleverna hade behövt tydligare vägledning till hur de konkret kunde omsätta sina resonemang om metodfrågor i handlingar.

Haslam och Hamilton [57] undersöker hur skriftliga instruktioner kan utformas för att bättre hjälpa elever att förstå och hantera utrustning när de undersöker elektriska kretsar. I studien jämförs två grupper av elever. Den ena gruppen fick tillgång till instruktioner som inkluderade förklarande illustrationer, medan en kontrollgrupp fick labbinstruktioner utan sådana illustrationer.

Utfallen som studerades var bland annat hur noggranna eleverna var när de skulle koppla ihop en krets samt deras förmåga att korrekt mäta och läsa av olika värden. Därutöver testade man elevernas uppmärksamhet, som en indikator på kognitiv belastning, under laborationens genomförande samt deras kunskaper inom området efter laborationen.

Resultaten visar att gruppen som fick tillgång till bildstödet presterade klart bättre än kontrollgruppen som enbart fick skriftliga instruktioner. Genom att få tillgång till ömsesidigt kompletterande informationskällor blev det mindre ansträngande för eleverna att förstå instruktionerna om hur de skulle genomföra labben och hur utrustningen fungerade; i genomsnitt genomförde dessa elever laborationerna snabbare och presterade bättre än eleverna i kontrollgruppen på det efterföljande kunskapsprovet.

I studien av Schwichow och kollegor [37] om elevers förmåga att experimentera och kontrollera variabler, kunde man inte se någon skillnad, med avseende på elevernas begreppsliga kunskap om experiment, när de fick ta del av undervisning med antingen en klassisk praktisk laboration eller en papper-och-penna-uppgift om ett tänkt experiment. Däremot framgick det att elevernas färdigheter tycktes vara specifika för den typen av aktivitet de hade fått öva på. De elever som hade fått göra en klassisk praktisk laborationsaktivitet presterade bättre på

ett färdighetstest som var snarlikt den aktivitet de hade fått öva på. Omvänt presterade elever som hade fått göra papper-och-penna-uppgiften bättre på ett färdighetstest som liknade den övningsuppgiften.

Studien av Wolf och Fraser [38], som jämför elevers arbete med antingen öppna eller bekräftande undersökningar avseende planering av experiment, belyser även aspekter på elevers hantering av material och utrustning.

Analysen tyder på att de elever som fick göra öppna laborationer med tiden utvecklade sin skicklighet i att hantera utrustningen. De försåg sig med och utforskade tillgänglig utrustning i högre utsträckning än eleverna som jobbade med bekräftande laborationer. Läraren såg dock inte nödvändigtvis det som en fördel att eleverna tog sig dessa större friheter. Exempelvis kunde läraren uppleva att de öppna undersökningarna innebar större säkerhetsrisker. Resultaten tyder även på att uppläggen kunde slå olika för flickor och pojkar. Medan pojkar i högre utsträckning verkade uppskatta att exempelvis experimentera mer fritt med utrustningen tycktes flickorna, i alla fall till en början, föredra en större tydlighet.

Tre studier som redovisar resultat om elevers praktiska genomförande och datainsamling lyfter upp användning av digitala verktyg och arbetsmetoder. Två av dessa [61], [62] är från tidigt 2000-tal men berör trots det områden som fortfarande kan vara aktuella. Den tredje studien [63] är nyare och berör hantering av stora data inom genetik, något som kommit att bli mer och mer aktuellt inom forskning till följd av möjligheten att lagra och hantera stora mängder information med datorkraft.

I studien av Marcum-Dietrich och Ford [61] undersöks elevers användning av digital mätutrustning, så kallat probeware, för att mäta gstryck som indikator på enzymaktivitet. Med hjälp av utrustningen kan grafer skapas i omedelbar anslutning till mätningarna via en hopkopplad dator. I studien ingår både en grupp elever som använde probeware och en grupp som arbetade traditionellt och i stället fick observera utveckling av gasbubblor i vätska. Förutom att undersöka elevernas kunskapsbildning observerade forskarna deras arbete med utrustningen i labbsalen och deras förmåga att analysera insamlade data i skrivna laborationsrapporter.

När det gäller elevernas arbete med datainsamlingen framstår att eleverna generellt hade svårt att förstå och uttrycka laborationens innehåll på ett vetenskapligt sätt. Detta trots att eleverna före själva laborationen hade fått ta del av undervisning om undersökningsmetoder och -processer. De elever som fick använda probeware tycktes kunna hantera utrustningen på rätt sätt, men hade svårare att förstå syftet med de procedurer som de förväntades använda. Därtill använde läraren i sin vägledning ett språkbruk som eleverna hade svårt att omsätta i handling på ett begripligt sätt. När läraren exempelvis förklarade hur eleverna skulle göra för att kontrollera variablerna lyckades de visserligen följa instruktionerna, men utan att egentligen förstå varför de skulle göra på ett visst sätt.

I studien av McRobbie och Thomas [62] har man också fokus på elevers användning av probe-

ware för att mäta tryck<sup>11</sup>. Forskarna observerade elevernas arbete under två laborationer, och därtill fick eleverna beskriva hur de upplevde den laborativa lärmiljön, det praktiska arbetet, undervisningen, lärandet och användning av mätutrustningen.

Resultaten lyfter fram att eleverna överlag inte fann det laborativa arbetet som särskilt utvecklande för deras eget lärande i ämnet. Eleverna uppfattade laborationerna som att de gick ut på att bekräfta teorier som de redan lärt sig under lektioner, eller som de kunde läsa om i läroböcker. Eleverna uppfattade inte heller att inslaget av den digitala mätutrustningen gav något särskilt tillskott, utan att det mer handlade om att följa en instruktion och trycka på rätt knappar. En tolkning som görs i studien är att elevernas upplevelser verkade återspeglas i det förhållningssätt och den form av undervisning som läraren representerade. Elevers egna frågor och deras möjlighet att jämföra, kontrastera eller förstå de olika representationer som de framställde var inte lärarens fokus och därmed inte heller något som eleverna uppfattade som önskvärt. Deras möjligheter att finna egna sätt att använda utrustningen var inte en del av laborationen.

I studien av Munn och kollegor [63] undersöks elevers användning av databaser som digital lärsressurs i genetik i tillägg till praktiskt arbete med genbestämning i laboratoriet.

Forskarna utvärderade bland annat elevernas kunskapsbildning och färdigheter inom området, attityder till naturvetenskap och deras upplevelser av de två olika sätten att genomföra laborationen.

När det gäller genomförandet av aktiviteterna visar resultaten att elevernas värderingar av och engagemang i dessa gav motsägelsefulla utfall. Eleverna ansåg att det fanns utrymme för fler undersökande moment och fler slutsatser i databasaktiviteten. Dessutom upplevde de arbetet med databasen som mer begripligt på så sätt att de i högre grad tycktes förstå vad de gjorde. Trots detta gensvar till fördel för databasaktiviteten uttryckte eleverna att det var genbestämningen i labbet som innefattade ett sätt att samla in data som mest liknar riktig naturvetenskap. En tolkning är att eleverna verkade anse att ett praktiskt görande eller, som det uttrycks i studien, ett inslag av våtlabb är vad som typiskt representerar riktig naturvetenskap.

Resultaten antyder däremot också att elevernas erfarenheter av dessa två olikartade aktiviteter kunde bredda deras kunskaper om vilka verktyg, arbetssätt och metoder som kan användas i naturvetenskaperna. Även om eleverna tenderade att hålla fast vid stereotypa uppfattningar om vad forskning är kunde databasaktiviteten erbjuda dem ett vidgat perspektiv på vad naturvetenskapliga undersökningar kan vara.

Fyra studier uppmärksammar hur elever kommunicerar, samspekar och kan fördela ansvar inom ramen för laborationers praktiska genomförande [54], [55], [59], [60]. Studierna beskriver det sätt elever samtalar med varandra, vad de argumenterar om, hur de samarbetar för att hålla kursen i riktning mot ett mål samt hur de kan ta och ge varandra olika roller i en labbgrupp.

---

11 I studien används benämningen microcomputer-based laboratory (MBL).



I studien av Andersson och Enghag [60] undersöks elevers samtal under en enskild lektion i fysik. Under lektionen gjorde eleverna fyra laborationer i olika stationer, där de fick rotera mellan stationerna.

Forskarna analyserade elevernas samtal utifrån Neil Mercers [64] tre diskursiva aspekter eller samtalstyper: 1) disputativa samtal som kännetecknas av motsatta åsikter och debatt, 2) kumulativa samtal som okritiskt bekräftar tidigare uttalanden och 3) utforskande samtal som innefattar kritiska och konstruktiva resonemang mellan individer.

Resultaten visar att elevernas sätt att samtala med varandra skilde sig åt beroende på i vilken fas av laborationerna de befann sig, och att de olika samtalstyperna kunde fylla olika funktioner. Under själva genomförandet och datainsamlingen var det kumulativa samtalet framträdande och tycktes ge en sorts bas och inriktning för det praktiska genomförandet.

Med det kumulativa samtalet, som också präglas av ett mer vardagligt språk, skapade eleverna ett sammanhang att förhålla sig till och samtalen inriktades mot praktiska handlingar av olika slag. Snarare än att resonera med varandra gjorde eleverna påståenden i syfte att berätta för varandra vad de för tillfället gjorde eller tänkte göra. Elevernas fokus var på vad i laborationen de skulle utföra och hur. En tydlig strävan mot det gemensamma målet att lösa uppgiften tillät även att eleverna kunde ge varandra tydliga uppmaningar utan att bli ifrågasatta eller att det tycktes skapa olustig stämningen i gruppen.

I studien av Kind och kollegor [59] undersöks elevers möjligheter att argumentera i samband med att de genomför laborationer i kemi. Studien tar utgångspunkt i argumentationen som en central aspekt av naturvetenskapliga undersökningar och att elevers möjligheter till reflektion ofta kan saknas i laborationsundervisningen.

Eleverna fick i olika omgångar arbeta med tre olika typer av uppgifter. En uppgift handlade om att hantera komplexa data utan givna svar, en andra uppgift om att få uppleva alternativa hypoteser om hur fenomen kan förklaras och en tredje uppgift bestod i att elever fick ta del av en diskussionsövning där de tillsammans fick resonera om sina observationsresultat efter att de hade slutfört laborationerna.

När det gäller det praktiska arbetet visar resultaten att eleverna generellt och oavsett uppgift sällan argumenterade med varandra för att diskutera det vetenskapliga innehållet. Till exempel ägnade eleverna i medeltal mer än 80 procent av laborationstiden till praktiska göromål och själva insamlingen av data. Eleverna genomförde laborationerna mekaniskt och hade svårt att hantera osäkerheter i data. Detta fokus på genomförandet fick exempelvis följderna att eleverna i allmänhet accepterade observationsresultaten på ett okritiskt sätt. Att eleverna själva hade genererat data genom sitt laborativa arbete tycktes inte bidra till att de blev engagerade i vetenskapliga diskussioner om resultaten under tiden för laborationerna.

I studien av Carter och kollegor [55] beskrivs elevers samspel under deras laborativa arbete med att bygga elektriska kretsar och förstå skillnader mellan serie- och parallellkopplingar.

Resultaten visar att elevernas tillgång till vardagsfarenheter hade stor betydelse för hur arbetet i labbgrupperna utvecklades. I allmänhet var det svårt för eleverna att hantera utrust-

ningen och att länka den till vardagliga upplevelser. De elever som hade möjlighet att på något sätt relatera utrustningen till sin egen vardag betraktades gärna som experter både av sig själva och av klasskamrater. Beroende på uppgiften kunde också olika elever få rollen som expert. Exempelvis blev en elev plötsligt utsedd till expert på hur batterier kopplas in i en elbil när hon berättade att hennes familj har en elektrisk golfbil. Detta trots att hon intygade att detta faktum inte betydde att hon visste särskilt mycket om hur elbilar tekniskt är konstruerade. Så även om erfarenheterna egentligen saknade relevans för gruppens möjligheter att lösa en uppgift kunde de få stor betydelse för vilka elever som fick ta på sig ledartröjan.

Vidare visar resultaten att samtalen i grupperna främst handlade om hur de praktiskt skulle gå tillväga och hantera utrustningen för att få laborationerna att fungera. Mer sällan kännetecknades samspelet av ett meningsskapande, såsom att gemensamt försöka förstå begrepp eller identifiera vetenskapliga förklaringar.

Studien uppmärksammar också hur arbets- och rollfördelningen mellan elever kan se ut i labbgrupper. Resultaten visar exempel på hur främst pojkar inledningsvis tydligare lyckades sätta ord på sådant som gruppen uppfattade som relevanta vardagserfarenheter, vilket också oftare gav dem rollen som experter. I dessa fall kunde flickorna frivilligt ta på sig mer assisterande uppgifter som att läsa instruktioner eller hämta material, även om läraren hade varit tydlig med att alla skulle turas om med det praktiska arbetet. I studien redovisas däremot också exempel på att flickor efter ett tag ställde krav på att få hantera utrustningen med motiveringen att ett aktivt deltagande är väsentligt för lärandet.

I studien av Kipnis och Hofstein [54], om elevers kommunikation och samarbete vid öppna undersökningar, framkommer hur elevernas frågor kunde förändras efter att de satt igång med sina försök. När eleverna påbörjade sina planerade experiment kunde nya idéer växa fram i takt med att utfall uppenbarades, vilket uppmärksammar en växelverkan mellan planering och genomförande. Själva genomförandet gav också eleverna möjlighet att utvärdera och omvärdera sina planeringar. I och med datainsamlingen skapade de ett konkret underlag för att avgöra hur lämpligt det var att fortsätta på den inslagna vägen eller om de behövde justera något.

Resultaten visar hur datainsamlingsfasen framhävde vikten av elevers regleringsförmåga, det vill säga deras förmåga att kontrollera, övervaka och vid behov ompröva sina försöksupplägg. Studien ger även exempel på när elevers förslag till lösningar kunde vara olämpliga av säkerhetsskäl, exempelvis fick läraren avfärda en idé om att värma kolsyrat vatten i ett slutet kärl.

I ytterligare två studier uppmärksammas säkerhet i laboratoriet, även om båda studiernas fokus i huvudsak riktas mot andra aspekter än elevers hantering av material och utrustning [39], [58].

I studien av Lundin och Lindahl [58], som främst intresserar sig för laborationers relevans i relation till elevers förståelse av naturvetenskapens karaktär, noteras hur lärarens uppmärksamhet på säkerhetsfrågor kunde stjåla fokus från laborationens egentliga syfte. Eleverna verkade också uppleva lärarens sätt att hantera deras responser och frågor om material som

motsägelsefullt. Exempelvis blev lärarens uppmaningar om att i labbet alltid undvika att få kemikalier på händerna eller kläderna svårbegripligt när eleverna under arbetets gång uppmärksammade att en av kemikalierna de använde, salmiak, är ätlig. I studien tolkar man denna sortens iakttagelser som tecken på hur relevansen av något som läraren ville betona, i det här fallet säkerhetsfrågor, kunde äventyras när gruppens uppmärksamhet plötsligt kunde riktas åt ett annat håll.

I studien av Högström och kollegor [39] gör man liknande iakttagelser. Under ett visst moment uppmärksammade läraren eleverna på att ta för vana att alltid beakta säkerhet och noggrannhet under laborationerna, även om det finns specifika situationer när det egentligen inte är kritiskt. Exempelvis avbröt läraren några elever när de återanvände samma trätt till olika lösningsmedel utan att först rengöra den. När eleverna insåg misstaget förklarade läraren att det inte var någon fara i just detta fall, men att förfarandet i andra fall hade kunnat äventyra laborationens noggrannhet och dessutom vara farligt. En följd av situationen blev att eleverna försköt fokus mot hur de kunde hantera utrustningen på ett mer kontrollerat och ordnat sätt.

### 4.3 Att värdera: att bearbeta information, länka samman observationer med teori och dra slutsatser

Den data som en undersökning genererar måste analyseras för att så småningom kunna bli meningsfull. Man kan använda en rad tekniker och verktyg för att ställa samman och bearbeta data, exempelvis tabeller, diagram och andra visualiseringar, i syfte att kunna identifiera viktiga egenskaper och mönster. Man behöver också länka samman observationsresultat med teori för att de ska få förklaringskraft, eftersom observationerna i sig saknar förklaringsvärde. Naturvetenskapernas teorier och förklaringsmodeller behövs för att förstå varför något ser ut som det gör eller varför något faller ut på ett visst sätt i en laboration. Man kan även behöva beakta felkällor, och beräkna graden av precision i data. Moderna tekniker, såsom digitala verktyg, kan användas för att förenkla bearbetningen och sammanställningen av data, eller för att visuellt representera modeller av mekanismer [1], [8], [14].

Vi har identifierat 14 studier i underlaget som redovisar resultat om elevers hantering och bearbetning av data samt värdering av denna data i relation till teorier och förklaringsmodeller. Fem av studierna berör elever i grundskolan [39], [50], [59], [65], [66] och nio studier handlar om elever i gymnasieskolan [42], [54], [60], [61], [63], [67], [68], [69], [70]. När det gäller undervisningsämnen berörs biologi i tre studier [63], [68], [70], fysik i sex studier [50], [59], [60], [65], [66], [69] och kemi i sju studier [39], [42], [54], [59], [61], [66], [67].<sup>12</sup> Tre studier lyfter upp användningen av digitala verktyg som stöd för elevernas tolkning av data i relation till etablerade förklaringsmodeller [42], [61], [63].

12 Studier kan beröra fler än ett undervisningsämne.

### 4.3.1 Sammanfattning av resultaten

Elever som är ovana att göra laborationer och ännu inte vet så mycket om de naturvetenskapliga fenomen som de ska undersöka behöver stöd för att kunna möta kravet på att eftersträva objektivitet. Annars finns risken att elever söker efter data som bekräftar deras egna personliga övertygelser och förväntningar. Om eleverna upplever de data som skapas som otydliga, exempelvis på grund av mätfel eller stor resultatvariation, kan förväntningar och fördomar få stort genomslag i tolkningarna och elever kan tendera att plocka pärlorna bland gruskornen [50], [59], [65], [66].

Elever kan använda olika strategier för att försöka hitta mönster i sina observationsresultat. Om mönster i data framträder relativt tydligt kan elever hantera sina data i variabelstudier exempelvis genom att fokusera på trender eller olikheter. Medan elever har lättare att förstå om variablerna samvarierar tydligt och positivt kan mer komplexa mönster bli en större utmaning för elever att förstå [51], [59], [65], [66]. Sammantaget framstår det som viktigt att finna en balans mellan undersökningar som erbjuder tydliga och lättolkade resultat och undersökningar som också låter elever möta osäkerheter om hur data kan tolkas [65], [67].

Förståelse av länken mellan egna observationsresultat och vedertagen kunskap är central för att en undersökning ska bli samstämmig och begriplig. Forskningen visar tydligt att det är en utmaning för elever att göra trovärdiga generaliseringar med belägg från egna observationsresultat för att skapa mening [39], [54], [59], [68], [69], [70]. Elever kan använda samma strategi, men av helt olika skäl, för att försöka hantera observationsresultat som inte överensstämmer med deras förväntningar eller hypoteser. I underlaget finns exempel på när elever justerar hypoteser som en konsekvens av att de når insikter om giltiga förklaringsmodeller [54], men också när de felaktigt gör förändringar eller helt enkelt bortser från vissa observationer för att få resultaten att stämma [50]. Resultaten framhäver hur växelverkan mellan frågeformulering, datainsamling och värderingen av data kan bli fruktbar, men också hur den kan bli missledande.

En tänkbar nyckel till ett bättre meningsskapande är elevers förmåga och möjligheter att skapa giltiga vetenskapliga argument. Flera studier i underlaget belyser argumentets betydelse och hur argumentets såväl innehåll som struktur blir viktigt [59], [61], [67]. En argumentsstruktur som består av en sammanfogning av ett anspråk, belägg från egna observationer och en accepterad förklaringsmodell kan ge styrka åt argumentet och leda till konstruktiva resonemang [67]. Elevernas möjligheter att kunna fokusera på att försöka förstå vad resultaten betyder kan stärkas om insamlingen och bearbetningen av data underlättas [59], [61]. Ett exempel är att använda digitala verktyg för datainsamlingen [61], ett annat är att koncentrera värderingen av resultaten till diskussioner direkt efter det praktiska genomförandet av laborationen [59].

Att elever lyckas resonera och föra konstruktiva samtal framstår som värdefullt när observationsresultat ska länkas samman med teori och förklaringsmodeller för att bli meningsfulla [54], [60], [67]. Elever kan behöva stöd för att undvika att hamna i diskussioner där de i stället försöker stå fast vid olika positioner [60]. Bäst förutsättningar för att elever tillsammans ska

kunna föra konstruktiva resonemang ger laborationer som till sitt innehåll är välbalanserat och har en avvägd svårighetsgrad. Vad som utgör ett sådant innehåll beror på det specifika sammanhanget såsom elevernas förkunskaper om det fenomen de ska undersöka, deras undersökningsvana och hur mycket tid som står till förfogande [54], [67]. I underlaget finns exempel på när elevernas möjligheter att argumentera med varandra kring det vetenskapliga innehållet uteblir om tolkningen av observationsresultaten är antingen enkel och rättfram [67] eller komplex och i stället präglas av stora variationer [59].

Ett par studier i underlaget berör på olika sätt hur moderna digitala verktyg kan användas för att förbättra elevers möjligheter till att skapa mening och förstå förklaringsmodeller [42], [63]. I det ena fallet får eleverna använda en lärresurs som virtuellt illustrerar kemiska mekanismer på atomär nivå. På så sätt blir det möjligt för eleverna att få en konkret upplevelse av en förklaringsmodell [42]. I det andra fallet får eleverna uppleva hur en traditionell laboration kan kompletteras med stora data från databaser för att undersöka relevanta och reella problem [63].

Samspelet mellan elever och lärare har en viktig betydelse för att eleverna ska identifiera, förstå och acceptera länkar mellan egna observationer och giltig teori. Lärarens agerande påverkar situationen som uppstår under laborationen, vilket i förlängningen kan påverka elevernas lärande [39], [69], [70]. Exempelvis behöver läraren ha förståelse för relationen mellan sin önskan att driva på lektionen och elevernas önskan om att få egna frågor besvarade [70]. Lärarens förklaringar och svar på frågor under laborationer blir betydelsefulla för hur eleverna uppfattar värdet av laborationerna [39], [69], [70].

Att eleverna har vissa förkunskaper som är relevanta för de fenomen de undersöker framstår som viktigt för att laborationer ska bli begripliga. Elever upptäcker inte så lätt fakta själva. Utan tydligt stöd från läraren tenderar eleverna att stanna vid enkla beskrivningar av vad de har observerat och riskerar att förbise de vetenskapliga förklaringarna. Samtidigt kan läraren behöva utgå från och ta tillvara på den kunskap som eleverna faktiskt tillägnat sig utifrån deras egna utgångspunkter och förståelser av fenomen och försöka dra nytta av att saker inte alltid faller ut som förväntat [39], [69], [70].

#### 4.3.2 Beskrivning av ingående studier

I tabell 4 listas de studier som underbygger avsnittets sammanfattning. Direkt efter tabellen summerar vi forskningsresultaten från varje enskild studie som ingår. Resultaten presenteras i den ordning som ges i tabellen.

TABELL 4. Ingående studier: Att värdera

STUDIE	ÄMNE NIVÅ	UPPLÄGG	DELTAGARE
Kanari och Millar, 2004 Storbritannien [50]	ke hö	observationer, intervjuer	60 elever, 10–14 år
Allen, 2011 Storbritannien [65]	fy hö	enkät, intervju, 3 lektioner	3 klasser, 52/21 elever, 12–13 år
Toplis, 2007 Storbritannien [66]	ke, fy hö	observationer, intervjuer, doku- mentanalys, 2 år	ca 25 elever, 14–16 år, 3 skolor
Peker och Wallace, 2011 USA [68]	bi gy	dokumentanalys, intervjuer	2 klasser, 16 elever, åk 10, 1 lärare
Andersson och Enghag, 2017 Sverige [60]	fy gy	observation, 1 lektion	1 klass, 20 elever, 1 lärare
Katchevich m.fl., 2013 Israel [67]	ke gy	jämförande, observationer, dokumentanalys, intervjuer, 2 grupper, 13 tillfällen	6 klasser, 116 elever, åk 11–12, 6 lärare
Kind m.fl., 2011 Storbritannien [59]	fy, ke hö	observationer, jämförande, 3 grupper 2 veckor	3 klasser, 67 elever, 12–14 år, 1 lärare
Kipnis och Hofstein, 2008 Israel [54]	ke gy	observationer, djupintervjuer, dokumentanalys, 20 tillfällen	8 klasser, 3 elever, åk 11–12
Marcum-Dietrich och Ford, 2002 USA [61]	ke gy	jämförande (rct), tester, doku- mentanalys, observationer, intervjuer, 2 grupper, 2 veckor	5 klasser, ca 100 elever, åk 10
Hodges m.fl., 2018 USA [42]	ke gy	jämförande (kv), tester, intervjuer, 2 grupper, 3 dagar	351 elever, åk 10, 6 lärare
Munn m.fl., 2017 USA [63]	bi gy	jämförande (kv), tester, enkät, intervjuer, 2 grupper, 3 veckor	259 elever, åk 9–12, 6 lärare
Tan, 2008 Singapore [70]	bi gy	observationer, 3 veckor, 8 timmar	36 elever, 16–17 år, 1 lärare
Roth m.fl., 1997 Australien [69]	fy gy	observationer, intervjuer, 4 veckor	10 elever (24 ur- sprunglig studie), 16–18 år, 1 lärare

Högström m.fl., 2010 Sverige [39]	ke hö	observationer, intervjuer, 4 lektioner	1 klass, 25 elever, 13–14 år, 1 lärare
--------------------------------------	----------	-------------------------------------------	-------------------------------------------

bi=biologi, fy=fysik, ke=kemi, hö=högstadium, gy=gymnasieskola, kv=kvasiexperimentell, rct=randomiserad kontrollerad studie

I studien av Kanari och Millar [50], om hur elever resonerar kring experiment med fokus på förhållanden mellan två variabler, undersöks vilka strategier elever kan använda sig av för att tolka data och hur dessa strategier kan styras av deras förväntningar.

Resultaten visar att de elever som lyckades kontrollera variabler använde sig av någon av två huvudsakliga strategier: trendfokusering eller olikhetsfokusering. Med trendfokusering menas att elever skapade regelbundna gradienter för den oberoende variabeln och sedan mätte den beroende variabeln för att söka mönster. Olikhetsfokusering innebär att elever utgick från parvisa höga och låga värden i mätningarna på den oberoende variabeln för att se vad det genererade för värde på den beroende variabeln.

I studien noteras att en faktor som gav stora skillnader med avseende på hur eleverna hanterade sina observationsresultat var om det existerade en samvariation mellan variablerna eller inte. De elever som arbetade med fenomen där det fanns en samvariation tycktes ha lättare att dra rätt slutsatser. När eleverna kunde observera en tydlig trend i linje med den hypotes som ställdes var det i allmänhet problemfritt för dem att också tolka data rätt. Betydligt svårare att tolka data hade elever som jobbade med variabler som inte samvarierade. De elever som stötte på mätfel och inte fick en tydlig trend i sina observationer kunde inte hantera detta, exempelvis kunde de då i stället ändra hypotesen. Om eleverna gjorde upprepade mätningar valde de ofta den mätserie som gav stöd åt hypotesen selektivt och de hade svårt att resonera kring och förstå variation i mätdata.

Studien av Allen [65] uppmärksammar också elevers olika sätt att hantera den data som en undersökning skapar och vad som kan påverka deras resonemang. I studien fick elever undersöka hur värmeledningshastigheten hos järnstavar beror av deras diameter. Forskarna analyserade elevernas strategier för att hantera motstridigheter och tänkbara felkällor med hjälp av enkäter och intervjuer.

I resultatet noteras att eleverna använde tre olika strategier som alla gav uttryck för en sorts bekräftelsebias, i det här fallet en tendens att bortse från observationer som inte stämde överens med de egna förväntningarna. Den första strategin kännetecknas av att elever tenderade att plocka ut de data som gav stöd för deras hypotes och samtidigt negligerade de observationer som var motsägande (pickers and choosers). Eleverna kunde hänföra motstridiga observationer till metodfel, såsom att det måste ha varit något fel på utrustningen eller att de själva måste ha gjort misstag när de mätte och registrerade. Den andra strategin utmärks av att elever i stället förändrade undersökningsdesignen eller manipulerade med utrustningen för att få fram vad de förväntade var det ”rätta resultatet”. Den tredje strategin beskriver hur

elever kunde anpassa sina tolkningar av observationsresultaten efter vad de uppfattade var den sociala normen i klassen, det vill säga vad andra grupper sade sig ha kommit fram till.

I studien av Toplis [66] undersöks hur elever kan upptäcka och hantera avvikande data inom ramen för öppna undersökningar i kemi. Elevernas arbete analyserades med hjälp av observationer, intervjuer och genom att ta del av skriftlig dokumentation som eleverna fick producera.

Resultaten visar att elever kunde upptäcka när observationer var avvikande genom att använda olika tekniker för att bearbeta data som undersökningarna skapade. Ibland framträdde avvikelser i data till följd av att elever förtecknade resultat i tabeller, men oftare genom att de använde sig av diagram, exempelvis linjediagram för att grafiskt representera samband mellan variabler. Trots att eleverna kunde identifiera när data var avvikande var det dock sällan som denna upptäckt fick några konkreta konsekvenser för deras arbete. De backade till exempel sällan tillbaka i sina undersökningar för att göra justeringar eller söka efter tänkbara förklaringar till avvikelserna. I studien återges däremot ett exempel på ett intressant undantag. En av labbgrupperna upplevde efter sin databearbetning att alla observationer var ”avvikande” eftersom inget verkade stämma med deras förväntningar. I det fallet handlade det om att eleverna hade utgått ifrån en missuppfattning om hur ett fenomen kunde förklaras vetenskapligt. När detta så småningom blev tydligt för eleverna blev de tvungna att överge sina ursprungliga uppfattningar och i stället omtolka sina data.

I studien av Peker och Wallace [68] analyseras elevers förmåga att resonera om och reflektera över relationer mellan egna observationsresultat och naturvetenskapliga förklaringsmodeller. Elevernas faktiska och upplevda vetenskapliga resonemangsförmåga bedömdes genom att granska labbrapporter och intervjua eleverna i anslutning till fyra olika laborationer i biologi.

Analysen visar att elevernas förklaringar till de olika resultaten bara i undantagsfall innehöll generaliseringar. Det eleverna i första hand berörde var sådant som var direkt observerbart eller konkret föll ut av laborationsprocessen. Icke observerbara mekanismer eller mer invecklade samband, som var en viktig del i undersökningarna, förbisåg eleverna i sina slutledningar.

I intervjuerna framkom att eleverna själva upplevde att det praktiska arbetet var viktigt för deras lärande och deras förståelse av de fenomen som undersökningarna handlade om. Eleverna menade att möjligheten att själva få interagera med reella objekt och att kunna använda sina sinnen var till god hjälp för att göra observationsresultaten meningsfulla. Således understryker resultaten att det kunde finnas en bristande överensstämmelse mellan elevers upplevelser och vad som gick att utläsa i deras skriftliga framställningar.

I studien av Andersson och Enghag [60], om elevers samspel och sätt att samtala med varandra under laborationsarbetet, framkommer hur elever kan resonera med varandra när de ska försöka förstå och förklara de observationer som en undersökning skapar.

Resultaten visar att i det här sammanhanget kunde såväl disputativa som utforskande samtal uppträda. Detta till skillnad från det praktiska arbetet med datainsamlingen när det kumulativa samtalet var framträdande. Det innebär att elevernas samtal om sina observations-



resultat kunde präglas av både att munhuggas om olika ståndpunkter och att föra konstruktiva resonemang. Utforskande samtal kunde bli tydliga när eleverna behövde förskjuta fokus från det praktiska görandet till att koppla sina observationsresultat till teoretisk förståelse för att tillmäta dem mening. Dock framgår att samtal som inledningsvis var utforskande kunde övergå till att i stället bli disputativa, det vill säga mer präglade av att eleverna försökte försvara olika uppfattningar. När detta skedde tyder resultaten på att elevernas framsteg i laborationen kunde hämmas. Elever kunde efter en tids konstruktiva samtal träda in i mer fasta positioner och då bli mindre mottagliga för andras argument. När så skedde kunde elevernas samtal sluta utan att gruppen hade nått en gemensam förståelse av hur de skulle komma vidare.

Katchevich och kollegor [67] undersöker elevers förmåga att resonera och tänka kritiskt genom att formulera argument under olika faser av en praktisk undersökning i kemi. I studien jämfördes elever som gjorde öppna undersökningar, det vill säga att eleverna fick stort eget ansvar för planering och genomförande, med elever som gjorde bekräftande undersökningar, det vill säga sådana där både frågor och metoder är givna på förhand. Forskarna analyserade elevernas argument utifrån förekomst av tre huvudsakliga komponenter: anspråk (claims), belegg (evidence) och vetenskaplig förklaring (scientific explanations), och bedömde dem med hjälp av en modell där argumentens struktur, snarare än innehåll, är avgörande för kvaliteten<sup>13</sup>.

När det gäller elevers samtal om hur de kunde tolka och förstå de data som laborationerna skapade visar resultaten att gruppen som fick göra öppna undersökningar presenterade fler argument än kontrollgruppen. En betydligt större andel av deras argument höll även en hög nivå, jämfört med kontrollgruppen. Elevernas argumentering förändrades också under det laborativa arbetet på så sätt att antalet argument med koppling till vetenskapliga fakta påtagligt ökade längs vägen från deras arbete med att formulera undersökningens fråga till att de skulle försöka tolka och förstå observationsresultaten.

En förutsättning för att kvalificerade argument skulle bli framträdande i elevernas samtal om hur de kunde tolka data, var att laborationerna till en viss grad skapade oväntade resultat eller gav upphov till en osäkerhet om hur resultaten borde tolkas. Detta hängde i sin tur samman med att undersökningsfrågan inte fick ha varit för enkel och rättfram. Även elevernas möjligheter att exempelvis ifrågasätta varandras förslag till förklaringar med stöd av motargument tycktes kunna stimulera till en högre argumentationsnivå. Såväl argument som motargument kunde ta stöd i både de egna observationsresultaten och i elevernas kunskap om olika förklaringsmodeller sedan tidigare. Därmed kunde man skapa förutsättningar för både ett gemensamt resonerande och att elever kunde konstruera en avancerad argumentstruktur. Studien ger flera exempel på hur elever under tiden för sitt laborativa arbete lyckades länka egna observationsresultat till förklaringsmodeller som annars vanligtvis behandlas i den teoretiska undervisningen.

Även i studien av Kind och kollegor [59], om elevers argumentation i samband med kemi-

13 Modellen presenterades ursprungligen 1958 av den brittiske filosofen Stephen Toulmin och har kommit att kallas Toulminmodellen.

laborationer, undersöks hur elever kan skapa argument under olika förutsättningar. En utgångspunkt för studien är att argumentationen är en central aspekt av att förstå undersökningar och för att kunna efterlikna ett vetenskapligt tänkande, och att det är känt sedan tidigare att elevers möjligheter till reflektion ofta kan saknas i laborationsundervisningen.

I studien bedömdes hur ofta eleverna argumenterade i samband med att de fick arbeta med tre olika typer av uppgifter, och vilken kvalitet deras argumentation hade. Uppgifterna var konstruerade för att eleverna skulle få erfara hur olika förutsättningar och karaktären på data kan innebära olika utmaningar. Den första uppgiften bestod i att eleverna skulle hantera komplexa data utan givna svar. Den andra uppgiften innebar att de fick alternativa och motstridiga hypoteser om hur fenomen kan förklaras presenterade för sig. I en tredje uppgift fick eleverna laborera som vanligt men därefter tillsammans resonera om resultaten inom ramen för en efterföljande diskussion. Att använda diskussionsövningen syftade till att eleverna skulle få möjligheten att reflektera över resultaten i efterhand, men att de under själva laborationen skulle kunna fokusera på tillvägagångendet. Alla elever som ingick i studien fick göra alla tre uppgifter.

Resultaten visar att eleverna generellt, oavsett typ av uppgift, sällan argumenterade med varandra för att diskutera det vetenskapliga innehållet under själva laborationerna. Exempelvis accepterade eleverna observationsresultat på ett okritiskt sätt och de diskuterade aldrig om alla mätvärden i en serie var lika relevanta. Den aktivitet som i högst grad tycktes skapa förutsättningar för eleverna att försöka länka sina observationsresultat till teori var den efterföljande diskussionsövningen. Att låta eleverna få en viss distans till det praktiska genomförandet tycktes således skapa bättre förutsättningar för att de skulle reflektera över resultaten. Men även i detta sammanhang förekom att elever främst verkade sträva efter att försöka finna de ”korrekta” slutsatserna.

I studien av Kipnis och Hofstein [54], om elevers kommunikation och samarbete vid öppna undersökningar, noteras också hur elever kan behöva länka samman observationsresultat med sina teoretiska förkunskaper för att skapa mening. I studien visar forskarna hur elevers försök att tolka och förstå sina data kunde resultera i att vissa missuppfattningar framträdde för dem. Genom att dela kunskap om tänkbara förklaringsmodeller med varandra kunde data tillskrivas mening och få konsekvensen att de behövde revidera ursprungliga hypoteser. Resultaten tyder dock på att det krävdes både tid och ansträngning för eleverna att erinra sig dessa kunskaper under tiden för sina laborationer.

I studien av Marcum-Dietrich och Ford [61], om elevers användning av digital mätutrustning i syfte att underlätta databearbetningen, undersöks om elever lyckas dra nytta av arbetssättet för att tolka och förstå sina data. Med hjälp av utrustningen mätte eleverna gastryck som indikator på enzymaktivitet och sammanställde data i grafer i omedelbar anslutning till mätningarna via en hopkopplad dator. En jämförelsegrupp fick arbeta traditionellt och i stället visuellt observera utvecklingen av gasbubblor i vätska.

När det gäller databearbetning och tolkning framstår att möjligheten för eleverna att upp-

leva en direkt koppling mellan insamlade data och det undersökta fenomenet tycktes kunna bidra till deras förståelse av laborationen som helhet. I och med att graferna genererades i realtid blev laborationens syfte tydligt för eleverna och data kunde lättare tillmätas mening. De kunde omedelbart använda den grafiska representationen och därigenom skapa en bro mellan insamlade data och det undersökta fenomenet. Elevernas fokus kunde riktas mot fenomenet i sig snarare än mot en viss komplexitet i data, något som dessutom sågs vara särskilt gynnsamt för lågpresterande elever.

Däremot framgår att arbetssättet inte bidrog till elevernas användning och förståelse av ett vetenskapligt språk. Eleverna tyckte, oavsett om digital hjälp finns eller inte, att det var svårt att uttrycka sig vetenskapligt. På ett efterföljande kunskapsprov påvisades heller ingen genomsnittlig skillnad mellan elever som hade fått använda den digitala mätutrustningen och elever som hade fått arbeta traditionellt.

Studien av Hodges och kollegor [42] undersöker om tillgången till en förklaringsmodell kan underlätta för elever att identifiera och förstå länkar mellan sina observationer och giltig teori. I studien används en digital lärresurs som virtuellt illustrerar kemiska mekanismer på atomär nivå för redoxreaktioner. Genom lärresursen kan eleverna få en konkret upplevelse av en förklaringsmodell i direkt anslutning till en praktisk laboration.

I studien jämfördes två grupper av elever. Den ena gruppen fick först undervisning med stöd av den digitala lärresursen medan en kontrollgrupp fick ordinarie undervisning. Därefter fick alla elever göra samma praktiska laboration. Efter att båda grupperna genomfört sina respektive aktiviteter fick alla elever göra ett kunskapstest och de elever som hade fått använda den digitala lärresursen fick i efterföljande intervjuer berätta om sina upplevelser.

Resultaten visar att gruppen som hade fått använda den digitala lärresursen som komplement till det praktiska arbetet överlag presterade klart bättre än kontrollgruppen på det efterföljande provet. En tolkning är att möjligheten för elever att visuellt få uppleva en förklaringsmodell på ett dynamiskt sätt i nära anslutning till en undersökning också kunde skapa förutsättningar för deras förståelse av hur observationer kan förklaras. I intervjuerna framkom att eleverna själva upplevde att arbetet med lärresursen hade haft betydelse för deras kunskapsbildning. Arbetssättet tycktes ha hjälpt eleverna att få samstämmiga förklaringar till de undersökta fenomenen och en bättre förståelse av laborationens äkthet.

I studien av Munn och kollegor [63], där man kombinerar databaslabb med mer traditionellt praktiskt labbarbete med genbestämning, uppmärksammas hur eleverna föreställde sig och värderade de två aktiviteterna.

När det gäller databearbetning och -tolkning visar resultaten att eleverna själva genomgående uppfattade att de utförde sådana uppgifter i högre utsträckning inom ramen för databasaktiviteten än vid det traditionella labbarbetet, våtlabben. Allra tydligast var skillnaden med avseende på deras användning av beräkningar, något som möjligen kan förklaras av att beräkningsverktyg fanns lättillgängliga i elevernas datorer. Men det fanns även en skillnad med avseende på elevernas upplevda möjligheter att besvara sina undersökningsfrågor och

då till fördel för databasaktiviteten. Eleverna gav också uttryck för att databasaktiviteten i högre grad än det traditionella labbarbetet tydliggjorde att tolkningen av observationsdata är teoriberoende. Detta samtidigt som eleverna upplevde genbestämningen i labbet som mest lik ”riktig” naturvetenskap. Som skäl kunde de ange att de upplevde databasaktiviteten som mindre komplex och att den omfattade färre variabler.

I tre studier berörs lärarens roll och förhållningssätt i relation till elevers försök att skapa mening och göra sina observationsresultat begripliga. Studierna belyser vad som kan hända när spänningar uppstår och olika sätt för att försöka bemöta dessa i undervisningen.

Studien av Tan [70] har fokus på elevers förståelseprocesser och spänningar som kan uppkomma i samspelet med auktoritativa källor till kunskap. Forskarna analyserade samspelet under åtta laborationer i biologi genom att observera de dialoger som framträdde under elevernas arbete med att försöka förstå de fenomen som behandlades i laborationerna.

Resultaten visar att det fanns två specifika områden där spänningar kunde uppstå. Det ena relaterade till den auktoritet som läroboken har och det andra till den auktoritet som läraren har. Då läroboken ansågs ha auktoritet uppstod spänningar när eleverna noterade skillnader mellan det de själva tyckte sig kunna se och de abstrakta generaliseringar som presenterades i läroboken. Vidare framgår att läraren försökte bemöta denna spänning på två olika sätt. Dels försökte läraren presentera alternativa förklaringar som bättre skulle anknyta till elevernas vardag genom att erbjuda nya rationella argument, dels kunde läraren ifrågasätta hur noggranna elevernas var i genomförandet och uppmana dem att göra om sina undersökningar. Det senare innebar att läraren försökte rikta elevens uppmärksamhet mot genomförandet.

När läraren, snarare än läroboken, agerade som kunskapsbärare eller expert uppstod också spänningar. Exempelvis kunde motsättningar framträda mellan elevens tro på det den kunde observera och elevens tro på det läraren sa att den ska tro på. Läraren kunde visa på sin auktoritet både disciplinärt som lärare och som kunskapsbärare genom att försöka övertyga eleven om korrekta tolkningar, men som de själva inte tyckte observationerna gav stöd för. Detta kunde få till följd att den tentativa alliansen mellan expert och novis hotades. Men det kunde också få en lösning när läraren kunde visa hur tolkningarna låg i linje med de efterfrågade observationerna. Genom att dela kunskaper och erfarenheter med eleverna lyckades läraren övertyga dem om att lita på henne snarare än på det de själva ser. Studien lyfter fram vikten av att kunna finna balansen mellan å ena sidan läraren och läroboken som kunskapsbärare och elevernas egna observationsresultat å den andra.

Roth och kollegor [69] intresserar sig också för hur elever konstruerar tolkningar och försöker skapa mening i sina undersökningar. De observerade en klass under flera laborationer där eleverna arbetade med experiment i fysik. Analysen fokuserade på relationen mellan det eleverna såg och vad läraren ville att de skulle se samt relationen mellan lärarens instruktioner och hur eleverna faktiskt handlade. Därutöver gjorde man intervjuer och delade ut olika former av enkäter.

Resultaten visar att eleverna kunde konstruera olika tolkningar utifrån samma laboration och att skillnaderna tycktes hänga samman med olikheter i erfarenheter, språkbruk och agerande. Den bristande överensstämmelse som fanns mellan lärares respektive elevers bakgrund och erfarenheter kunde vidare utgöra ett hinder för det lärande man som eftersträvade. Eleverna kunde konstruera andra tolkningar än de som läraren hade tänkt sig och eleverna förmådde inte heller själva avgöra vad i deras tolkningar som eventuellt var ”rätt” eller ”fel”.

Studien uppmärksammar också att läraren kunde ha problem att hantera och bygga på de fenomen som eleverna skapade. Läraren visste hur utfallen borde bli och hade därmed goda möjligheter att förstå om ett observationsresultat var rimligt eller snarare ett resultat av metodfel, men eleverna saknade dessa möjligheter. Ett exempel är en situation när läraren skulle hjälpa några elever att få ett experiment att fungera, men själv kunde konstatera att det inte gick vägen. Läraren reagerade på detta genom att konstatera att det inte gick som det var tänkt, det vill säga att utfallet inte stämde överens med vedertagna förklaringsmodeller, och lät eleverna veta att de skulle få en förklaring av fenomenet senare i stället. Läraren missade därmed att i stunden försöka dra nytta av det faktum att experiment inte alltid går som man har tänkt sig.

I studien av Högström och kollegor [39] undersöks hur elever kan uppfatta lärares mål med laborationer och hur samspelet mellan elever och med läraren kan få betydelse för vad som upplevs som viktigt. Studien fokuserar på fenomenet ”lika löser lika” och analyserar, utöver samspelet mellan deltagarna under aktiviteterna, även vad elever och lärare själva kunde berätta om undervisningen.

Resultaten visar att både vad läraren sa till eleverna och vad läraren gjorde hade viktig betydelse för hur eleverna tolkade vad de skulle lära sig. Det syfte läraren hade med laborationen, som också återspeglades i innehållet i elevernas instruktioner, uppfattade eleverna endast till en liten del. I stället uppfattade de att säkerhet och risker var viktigt att lära sig. Det räckte inte med att läraren hade tydliga intentioner, resultaten visar att eleverna inte upptäckte dessa på egen hand. Denna bristande överensstämmelse mellan elevers och lärarens fokus i uppgiften påverkade elevernas förutsättningar att identifiera observationsresultat som relevanta. Därmed tycktes det svårt för eleverna att förmå observera utfall i linje med de vedertagna förklaringsmodeller som läraren hade tänkt sig. Ett exempel är en situation när eleverna skulle försöka lösa en kemikalie i vatten och konstaterade, och uppmärksammade läraren på, att inget hände. När läraren tydliggjorde att elevernas slutsats nog var förhastad insåg de att det ändå hade hänt saker, men att de först inte hade tagit någon större notis om detta.

## 4.4 Att dokumentera: att organisera, formulera argument och redovisa undersökningar

Dokumentation av en undersökning görs i syfte att redovisa och kommunicera resultaten,

men används också som minnes- och planeringsstöd för att hålla ordning på vad man har gjort och vad man kan behöva göra för att komma vidare.

För att redovisa undersökningar får elever ofta skriva laborationsrapporter. I labbrapporten förväntas vanligen att eleverna introducerar undersökningens ämnesområde, skriver fram undersökningens frågor eller hypoteser, redogör för material och metoder, sammanställer data, tillämpar relevanta förklaringsmodeller och underbygger slutsatser genom att lägga fram argument. I och med att labbrapporten summerar vad som är gjort i en undersökning och på ett samlat sätt redovisar hur resultaten kan tolkas blir det möjligt för andra att kritiskt granska arbetet och hur det framställs. Elevers labbrapporter kan på så sätt också utgöra viktiga bedömningsunderlag för läraren [1], [8], [14].

Vi har identifierat sju studier i underlaget som redovisar resultat om elevers dokumentation och kommunikation i relation till deras laborationer. Två av studierna berör elever i grundskolan [34], [49] och fem studier handlar om elever i gymnasieskolan [31], [51], [61], [67], [68]. När det gäller undervisningsämnen berörs biologi i tre studier [34], [49], [68] och kemi i fyra studier [31], [51], [61], [67].

#### 4.4.1 Sammanfattning av resultaten

Sammantaget framgår att dokumentation av undersökningar är viktigt både som minnes- och planeringsstöd [49], [51] och som tankeverktyg för att kunna tillgodogöra sig laborationers innehåll [31], [34]. Forskningen visar dock tydligt att elever i allmänhet har svårt att uttrycka sig vetenskapligt och i synnerhet att klara av övergången från det muntliga resonemanget till att formulera trovärdiga argument i text [31], [34], [51], [61], [67], [68]. Att elever under tiden för arbetet med undersökningar antecknar vad de gör, planerar att göra och sina tankar om vad som sker framstår som viktigt för deras förståelse av både metodläran och det ämnes-specifika innehållet [34], [49], [51], [68]. Att dokumentera under tiden för genomförandet blir ett viktigt strategiskt instrument för att fortlöpande kunna överblicka olika moment i en undersökning [49], [51].

Betydelsen av argumentet och det skrivna vetenskapliga språket kommer till tydligt uttryck i elevernas laborationsrapporter. Eleverna kan skriva rapporterna under eller i direkt anslutning till att de har genomfört laborationen. Att sammanställa rapporterna efter laborationen kan betecknas som ett traditionellt sätt, medan att dokumentera och skriva under pågående arbete innebär att skrivandet integreras i själva laborationsaktiviteterna. Det senare kan möjliggöra att skrivandet får fungera som en slags hävstång för elevers kunskapsbildning.

Konkreta verktyg och stödmaterial med vägledande frågor kan hjälpa både elever och deras lärare att organisera undersökningarna samt uppmärksamma elever på att reflektera över hur de kan formulera relationer mellan egna observationsresultat och naturvetenskapliga förklaringsmodeller [31], [34], [68]. Exempel på arbetssätt som lyfts fram är att använda science writing heuristic [34], [68] och argument-driven inquiry [31], som på ett lättillgängligt språk uppmärksammar undersökningsområdena och uppmuntrar till att integrera skrivandet i laborationsaktiviteterna. Arbetssätten kan ge möjlighet att förhandla om och kritiskt granska

den egna argumentation som leder fram till slutsatser, men ett tydligt stöd från läraren blir viktigt för att eleverna ska få syn på och förstå relationer mellan sina observationsresultat och generellt giltig kunskap [61], [67], [68]. Att eleverna får den uttalade uppgiften att på ett pedagogiskt sätt presentera sina undersökningar för andra än läraren, till exempel klasskamrater, kan medföra att kvaliteten på slutledningar och vetenskapliga förklaringar blir bättre [34].

#### 4.4.2 Beskrivning av ingående studier

I tabell 5 listas de studier som underbygger avsnittets sammanfattning. Direkt efter tabellen summerar vi forskningsresultaten från varje enskild studie som ingår. Resultaten presenteras i den ordning som ges i tabellen.

TABELL 5. Ingående studier: Att dokumentera

STUDIE	ÄMNE NIVÅ	UPPLÄGG	DELTAGARE
Arnold m.fl., 2014 Tyskland [51]	ke gy	test/enkät, observation	96/12 elever, 16–18 år
Garcia-Mila m.fl., 2011 Spanien [49]	bi hö	intervjuer, dokumentanalys, 4 veckor	1 klass, 34 elever, 11–12 år
Hand m.fl., 2004 USA [34]	bi hö	jämförande (kv), tester, inter- vjuer, 2+1 grupper, 8 veckor	3 klasser, 93/12 elever, åk 7
Peker och Wallace, 2011 USA [68]	bi gy	dokumentanalys, intervjuer	2 klasser, 16 elever, åk 10, 1 lärare
Cetin m.fl., 2018 Turkiet [31]	ke hö, gy	jämförande (kv), tester, interv- juer, 2 grupper, 7 veckor	2 klasser, 60 elever, 15–16 år, 1 lärare
Katchevich m.fl., 2013 Israel [67]	ke gy	jämförande, observationer, dokumentanalys, intervjuer, 2 grupper, 13 tillfällen	6 klasser, 116 elever, åk 11–12, 6 lärare
Marcum-Dietrich och Ford 2002 USA [61]	ke gy	jämförande (rct), tester, doku- mentanalys, observationer, intervjuer, 2 grupper, 2 veckor	5 klasser, ca 100 elever, åk 10

bi=biologi, fy=fysik, ke=kemi, hö=högstadium, gy=gymnasieskola, kv=kvasiexperimentell, kr=korrelationsanalys, rct=randomiserad kontrollerad studie

Fem studier belyser betydelsen av att på olika sätt dokumentera under tiden man genomför en undersökning. Två av dessa pekar på betydelsen av att använda anteckningar som minnes-

och planeringsstöd, det vill säga att föra ett slags loggbok [49], [51]. De andra tre studierna har fokus på att integrera ett vetenskapligt skrivande i laborationsaktiviteterna i syfte att stimulera till att elever kontinuerligt reflekterar över och diskuterar begrepp som är relevanta för undersökningarna [31], [34], [68].

I studien av Arnold och kollegor [51], om elevers förmåga att designa experiment med fokus på deras förståelse av variabelkontroll, undersöks på vilket sätt elever dokumenterar hur de handlar och tänker i sitt arbete med att planera.

Av resultaten framgår att eleverna under tiden för det praktiska genomförandet sällan antecknade vad de tänkte göra eller faktiskt gjorde. Detta trots att uppgifterna eleverna hade fått inkluderade att de skriftligen skulle redovisa lösningar för hur man bör lägga upp ett variabelförsök. Även om eleverna i sina samtal exempelvis kunde resonera om vad som kännetecknar variabler och hur specifika variabler kunde mätas på ett precist sätt, tog de oftast inte några anteckningar om detta. Eleverna kunde till exempel diskutera att använda en termometer för att på ett kontrollerat sätt mäta en temperaturförändring, men samtidigt i sina skrivna planeringar avstå från att nämna betydelsen av att använda en termometer. Studiens resultat betonar vikten av att dokumentera som hjälp för planering av variabelförsök. Resultaten lyfter även växelverkan mellan planering och genomförande, där noggrann dokumentation kan fungera som ett strategiskt instrument. Överlag tyder studien på att elever, trots att de i sin kommunikation kunde uppvisa tecken på förståelse av variabelexperiment, inte gav uttryck för denna vare sig i skrivna planeringar eller under genomförandet av laborationerna.

I studien av Garcia-Mila och kollegor [49], om att använda anteckningar som stöd för att planera och genomföra en serie experiment, undersöks relationen mellan vad elever spontant antecknar och hur de resonerar kring sina undersökningar.

Resultaten visar att både omfattningen på och innehållet i elevernas anteckningar tycktes ha en viktig betydelse för deras förmåga att nå framgång i undersökningarna. De elever som lyckades bäst redovisade i medeltal betydligt fler kompletta anteckningar i form av intentioner och planer jämfört med elever som inte nådde samma framgång. Studien indikerar också att det var elevernas faktiska användning av anteckningarna som hade betydelse, snarare än att anteckna i sig. Elever som uttryckte att de hade behov av anteckningarna som stöd för att minnas vad de hade gjort och för att planera vad de skulle göra härnäst drog också fler korrekta slutsatser. Även om studien inte gör anspråk på att fastslå ett orsakssamband mellan vissa sätt att tänka (och anteckna) och goda resultat i laborationen, ger den stöd för att de elever som löste uppgiften framgångsrikt i högre utsträckning använde sig av dokumentationen som strategi och hjälpmedel.

Hand och kollegor [34] undersöker hur undervisningsverktyget science writing heuristic (SWH) kan användas i syfte att stimulera till reflektion och diskussioner om vetenskapliga begrepp, och vad dessa betyder. SWH finns i olika versioner, men gemensam är idén att erbjuda ett konkret stöd som vägleder elever och lärare i att uppmärksamma länkar mellan exempelvis de vetenskapliga förklaringsmodellerna, de egna observationsresultaten och de



aktuella undersökningsfrågorna. Därutöver integrerar arbetssättet ett vetenskapligt skrivande i själva laborationsaktiviteterna.

I studien jämfördes tre grupper av elever och deras arbete med tre olika laborationer om cellens biologi som de fick göra under en kurs på åtta veckor. Den ena gruppen fick uppgiften att med stöd av SWH rapportera alla tre laborationer i en vetenskaplig slutrapport. En andra grupp fick också tillgång till SWH under laborationerna, men fick uppgiften att utforma sina slutrapporter avseende de tre laborationerna som pedagogisk lärobokstext i syfte att förmedla ämnesinnehållet till sina klasskamrater. En tredje kontrollgrupp fick göra laborationer på traditionellt vis och skriva sedvanliga rapporter efter varje laboration. Efter kursen utvärderades elevernas ämnesspecifika kunskaper om cellens struktur och funktion med hjälp av ett test. Därutöver intervjuades eleverna om sina upplevelser av att använda SWH i undervisningen.

När det gäller kunskapsresultaten gick det allra bäst för gruppen som hade fått använda SWH och dessutom också hade fått utforma sina slutrapporter som en lärobokstext med klasskamrater som mottagare. Resultaten betonar på så sätt vikten av att ge elevers kommunikation av laborationerna en framträdande position. Att skriva i syfte att på ett pedagogiskt sätt kommunicera till andra än bara läraren ledde till positiva effekter också på elevernas egna förståelse av ämnesinnehållet.

I de efterföljande intervjuerna framkom att eleverna själva upplevde att arbetet med SWH hade ökat deras möjligheter att ställa egna undersökningsfrågor, delta i gruppdiskussioner, sammanlänka begrepp och att delta i skrivprocessen. Att ta stöd av SWH tycktes på så sätt kunna skapa förutsättningar för att göra undersökningarna mer öppna med större möjligheter för eleverna att ta eget ansvar, vilket i sin tur kan ha bidragit till dessa elevers bättre möjligheter att förstå de relevanta begreppen.

En andra studie som belyser SWH är den av Peker och Wallace [68]. I denna studie, som delvis är gjord av samma forskare, analyseras elevers användning och upplevelser av SWH genom att forskarna granskar labbrapporter och intervjuar eleverna. Studiens fokus är på att analysera relationen mellan elevernas upplevda och faktiska förmåga att beskriva och förklara en undersökning i vetenskaplig text.

Resultaten visar att eleverna i sina labbrapporter sällan försökte sammanlänka egna observationsresultat med etablerade förklaringsmodeller. En svårighet som tydligt framstod var elevernas utmaningar med övergången från ett beskrivande här-och-nu-språk till att använda ett vetenskapligt språkbruk. Rapporterna innehöll främst enkla redogörelser för vad eleverna själva hade kunnat se inträffa i laborationerna och betydligt mindre av naturvetenskapliga begrepp och förklaringar till varför något kunde ha inträffat. I synnerhet tycktes det svårt för eleverna att närma sig vetenskapligt underbyggda förklaringar till orsakssamband som inte var direkt observerbara med blotta ögat. Trots att eleverna även hade tillgång till litteratur i skrivarbetet förbisåg de teoretiska perspektiv i sina slutledningar. I stället använde de – förutom observationer och empiriskt material – intuition, sunt förnuft eller sådana kunskaper de redan hade.

Resultaten kan tolkas som att användningen av SWH inte gav eleverna ett tillräckligt stöd för att underlätta sammanlänkningen av observationsresultat med etablerade förklarings-

modeller i en skriftlig framställning. I denna studie gjorde man dock ingen jämförelse mellan SWH och andra arbetssätt, och inte heller var det en uttalad ambition att labbrapporterna skulle skrivas med andra mottagare än läraren i åtanke. Studien uppmärksammar att ett införande av SWH kan behöva åtföljas av tydligt stöd från läraren för att elever ska få syn på relationer mellan empiriska resultat och generellt giltig kunskap.

Cetin och kollegor [31] uppmärksammar modellen argument-driven inquiry (ADI) med avseende på elevers förmåga att skriva vetenskapligt argumenterande text. ADI-modellen liknar SWH genom att den gör det lättare att länka samman observationsresultat med vetenskapliga förklaringar. I modellen understryks också vikten av det vetenskapliga argumentet, betydelsen av att kunna formulera argumenterande text och att ha gruppdiskussioner med kamratfeedback.

När det gäller kvaliteten på labbrapporter visar resultaten att elever som undervisats med stöd av ADI-modellen presterade signifikant bättre än elever i en kontrollgrupp. I intervjuer framkom att såväl elever som lärare var positiva till arbetet med ADI-modellen. Exempelvis lyfte vissa elever fram att arbetssättet tycktes underlätta förståelsen av ämnesspecifika begrepp och skapade en känsla av att få arbeta som en riktig forskare. Medan lärarens positiva inställning till ADI till större delen hängde samman med elevernas förbättrade prestationer, värdesatte eleverna själva även att arbetssättet möjliggjorde att diskutera och jämföra varandras metodval och resultat. När det kommer till upplevelsen av den integrerade skrivprocessen uttryckte några elever att ADI-modellen hade förändrat deras uppfattning om att ta fram vetenskapliga rapporter. Från att de till en början hade tyckt att detta var tråkigt menade de att erfarenheterna av att ha jobbat med ADI hade fått dem att uppskatta att skriva rapporter.

De två sista studierna i avsnittet belyser den generella utmaningen för elever att tillägna sig ett vetenskapligt språkbruk och få detta att komma till uttryck i labbrapporter [61], [67].

I studien av Katchevich och kollegor [67], om elevers förmåga att resonera och formulera argument, undersöks kvaliteten på elevernas skriftliga framställningar av laborationer. I studien jämfördes elever som fått göra öppna undersökningar med en kontrollgrupp som fått göra bekräftande undersökningar. En utgångspunkt var idén att den öppna undersökningen kan stimulera elever till att skapa vetenskapligt grundade argument bland annat genom att de får dela tankar med varandra och gemensamt söka efter hållbara resonemang. Forskarna bedömde kvaliteten på labbrapporterna utifrån i vilken utsträckning eleverna använde en argumentstruktur som bestod av anspråk, belägg från de egna undersökningarna och giltiga vetenskapliga förklaringar.

Analysen visar att gruppen som hade fått göra öppna undersökningar visserligen presenterade fler argument i sina labbrapporter, men däremot inte höll en högre argumentationsnivå, jämfört med kontrollgruppen. Detta trots att dessa elever i sina samtal under själva genomförandet av undersökningarna hade visat på en bättre argumentationsförmåga än kontrollgruppen.

Att argumentationsnivån i labbrapporterna inte skilde sig mellan grupperna kan möjligen förklaras av att undersökningsfrågor och övriga instruktioners innehåll och struktur i kon-

trollgruppen kunde ha varit vägledande för hur goda argument formuleras. Dessa elever kan därmed ha dragit nytta av att ha fått direkt tillgång till korrekta begrepp och en struktur som ledde dem i riktning mot giltiga slutledningar. En annan förklaring kan vara att argumenten som elever i kontrollgruppen använde i rapporteringsfasen också härrörde från andra källor och annan undervisning än vad som eleverna använde under själva laborationen, vilket kan ha utjämnat skillnaderna mellan grupperna. En tredje förklaring kan vara att elever i gruppen som gjorde öppna undersökningar inte fullt lyckades överföra sin argumentering till sammanhanget att författa labbrapporterna.

I studien av Marcum-Dietrich och Ford [61] om elevers användning av digital mätutrustning i syfte att underlätta databearbetningen, undersöks också hur eleverna lyckades sammanställa sina resultat i skrivna laborationsrapporter. Genom att utrustningen skapade grafer automatiskt var en tanke att det skulle bli lättare för eleverna att få syn på bryggan mellan insamlade data och det undersökta fenomenet.

Av resultaten framgår att eleverna generellt hade svårt att uttrycka sig vetenskapligt, vilket var särskilt framträdande i deras arbete med laborationsrapporterna. Arbetssättet att använda den digitala mätutrustningen bidrog inte heller till ett mer vetenskapligt språk. Detta trots att eleverna tillbringade mycket tid med att försöka förstå resultaten och strukturera sina rapporter. Elevernas frågor och behov av stöd från läraren kretsade till stor del runt att få hjälp med att förstå metodologiska begrepp och få vägledning till vilket språk de borde använda i rapporterna. Ett exempel är hur elevers bristande förståelse av begreppet variabel gjorde det till en utmaning både att förstå vad det innebär att kontrollera variabler och att över huvud taget använda sådana uttryck i rapporterna.

## 4.5 Undervisningsupplägg i relation till lärar- och elevansvar

Även när laborationsundervisningen har som huvudsakligt fokus att elever ska lära sig att undersöka kan läraren lägga upp aktiviteterna på olika sätt för att betona olika aspekter av den naturvetenskapliga undersökningen. Mål och syften avspeglas bland annat i de instruktioner som läraren väljer att ge sina elever. Men eftersom syften och mål varierar beroende på en mängd aspekter finns det inget generellt vedertaget sätt att framställa dessa instruktioner på. Mål kan vara enkla såsom att eleverna ska få bekanta sig med någon form av standardprocedur eller få öva på instruktionen som texttyp. Målen kan också vara omfattande och krävande såsom att elever på egen hand ska kunna genomföra en undersökning från ax till limpa.

Vi har identifierat fem studier i underlaget som på ett direkt sätt adresserar frågan om undervisningsupplägg i termer av balansen mellan elev- och läraransvar för att skapa förutsättningar för att elever ska lära sig att undersöka. Tre av studierna berör elever i grundskolan [30], [31], [38] och fyra studier handlar om elever i gymnasieskolan [30], [31], [52], [67]. När det gäller

undervisningsämnen berörs biologi i en studie [30], fysik i två studier [30], [38] och kemi i fyra studier [30], [31], [52], [67].<sup>14</sup>

#### 4.5.1 Sammanfattning av resultaten

Alla fem studier i underlaget belyser hur laborationsundervisningen kan skapa förutsättningar för att utveckla elevers förmåga att undersöka genom att ge dem större ansvar för sitt arbete. Studierna utgår vidare från ett holistiskt perspektiv och tanken att eleverna inom ramen för samma laborationsuppgifter får engagera sig i flera olika aspekter av undersökningarna. I alla studier har minst två grupper av elever jämförts i något avseende, men endast en av studierna använder uttryckligen en klassificering av undervisningsupplägg med den bekräftande respektive den öppna undersökningen i varsin ända [30].

Sammantaget visar forskningen att det finns en potential i att låta eleverna generellt få ta större ansvar för sina undersökningar [30], [31], [52], [67]. Samtidigt pekar resultaten på ett antal viktiga förutsättningar för att det ska fungera.

För det första kan läraren behöva en tydlig strategi för både hur och inom vilka områden av en undersökning eleverna ska ta ett större ansvar. Dessutom tyder resultaten på att det även kan behövas ett sätt att säkerställa att man som lärare verkligen följer sin valda strategi och också kan följa upp denna [30].

För det andra framgår att det tar tid för eleverna att utveckla kvalificerade undersökningsförmågor och att man kan behöva ha flera laborationsaktiviteter med detta fokus, under en längre period i undervisningen [52], [67].

För det tredje antyder resultaten att det kan vara lättare att realisera mer öppna undersökningar med lite äldre elever som har större undersökningsvana och bättre förkunskaper i ämnena. Även om endast en studie direkt har analyserat betydelse av ålder [30], har de studier som tydligast visar på goda resultat gjorts med elever i de lite högre årskurserna, främst i motsvarande gymnasieålder [31], [52], [67]. En möjlighet kan vara att successivt öka inslagen av elevansvar i laborationsundervisningen allteftersom eleverna blir äldre och får större undersökningsvana. Man kan också behöva uppmärksamma att elever är olika såtillvida att vissa föredrar tydligare vägledning från sin lärare medan andra uppskattar större handlingsutrymme, åtminstone när det gäller elever som går första året i högstadiet [38].

Avslutningsvis tyder underlaget på att lärare med fördel kan relatera laborationsundervisningen till något av den naturvetenskapliga undersökningens områden, när fokus är på att eleverna ska lära sig utföra naturvetenskap. På så sätt kan undersökningsområdena göras synliga för eleverna, utan att de för den delen riskerar att förbise att och hur områdena växlar. I praktiken skulle det innebära att betona ett undersökningsområde i taget genom att låta eleverna göra egna val eller ta eget ansvar inom just det området. Läraren behöver då anpassa de laborationsaktiviteter elever får göra i relation till det aktuella undersökningsområdet. En sådan strategi skiljer sig i viss mån från många av de modeller som tidigare föreslagits i forskningslitteraturen, se till exempel [25], [26], [27]. Dessa modeller bygger ofta på

---

14 Studier kan beröra både grund- och gymnasieskolan och fler än ett undervisningsämne.

att utöka elevernas handlingsutrymme gradvis genom att först ge eleverna ansvar för att tolka resultaten, därefter att både bestämma metod för datainsamling och tolka resultaten för att så småningom få formulera undersökningsfrågan, bestämma metod för datainsamling och tolka resultaten. Även om det finns en logik i att lägga upp undervisningen på detta sekventiella sätt tyder vår genomgång på att ett tydligare fokus på ett undersökningsområde i taget skulle kunna erbjuda nya möjligheter. Exempelvis bör det vara möjligt att skapa laborationsaktiviteter som fokuserar på att elever får arbeta med att formulera undersökningsbara frågor utan att de inom ramen för samma aktivitet också behöver ta ett huvudansvar för övriga delar.

#### 4.5.2 Beskrivning av ingående studier

I tabell 6 listas de studier som underbygger avsnittets sammanfattning. Direkt efter tabellen summerar vi forskningsresultaten från varje enskild studie som ingår. Resultaten presenteras i den ordning som ges i tabellen.

TABELL 6. Ingående studier: Undervisningsupplägg

STUDIE	ÄMNE NIVÅ	UPPLÄGG	DELTAGARE
Blanchard m.fl., 2010 USA [30]	bi, fy, ke hö, gy	jämförande (kr), tester, 2 grupper, 1 vecka	1700 elever, 24 lärare
Hofstein m.fl., 2005 Israel [52]	ke gy	jämförande (kv), tester, 2 grupper, 2 år	6 klasser, 111 elever, 17–18 år
Katchevich m.fl., 2013 Israel [67]	ke gy	jämförande, observationer, dokumentanalys, intervjuer, 2 grupper, 13 tillfällen,	6 klasser, 116 elever, åk 11–12, 6 lärare
Cetin m.fl., 2018 Turkiet [31]	ke hö, gy	jämförande (kv), tester, interv- juer, 2 grupper, 7 veckor	2 klasser, 60 elever, 15–16 år, 1 lärare
Wolf och Fraser, 2008 USA [38]	fy hö	jämförande (kv), tester, enkät, intervjuer, 2 grupper, 8 veckor	8 klasser, 165/20 elever, åk 7, 2 lärare

bi=biologi, fy=fysik, ke=kemi, hö=högstadium, gy=gymnasieskola, kv=kvasiexperimentell, kr=korrelationsanalys

I studien av Blanchard och kollegor [30] jämförs guidade med bekräftande undersökningar med avseende på uppläggets betydelse för elevernas förmåga att undersöka. Studien tar utgångspunkt i en klassificering av undervisningsupplägg i fyra nivåer där den bekräftande respektive den öppna undersökningen utgör varsin ända. Den guidade laborationen definieras som att eleverna med stöd från läraren får ansvar för att välja metoder för datainsamling och

tolkning av resultat, men att det är läraren som bestämmer undersökningsfrågorna. Den bekräftande laborationen definieras som att läraren styr över såväl frågor som datainsamling och hur data ska tolkas.

När det gäller undersökningsförmåga visar resultaten att elever som hade fått göra guidade undersökningar presterade signifikant bättre på frågor om metoder och tillvägagångssätt än de elever som hade fått göra bekräftande undersökningar. Det guidade upplägget tycktes skapa bättre förutsättningar för eleverna att reflektera över och bättre förstå olika steg som undersökningarna krävde. För att elevernas undersökningsförmåga skulle främjas av det guidade upplägget verkade det, precis som med utvecklingen av ämneskunskaper, dock väsentligt att strategin hade genomförts fullt ut. Ett mellanting, där målet hade varit att eleverna skulle göra guidade undersökningar men eleverna varken hade fått de fasta ramar som den bekräftande undersökningen innebär eller den vägledning som den guidade undersökningen förutsätter, var ogynnsam också för elevernas förmåga att undersöka. Analysen tyder även på att äldre elever kunde dra mer nytta av det guidade upplägget jämfört med yngre elever.

I studien av Hofstein och kollegor [52] jämförs elever som fått göra öppna undersökningar i kemi med elever som fått göra bekräftande undersökningar med avseende på deras möjligheter att utvecklas mot att kunna göra undersökningar mer självständigt. Jämförelserna pågick under två års tid och omfattade totalt 15 olika laborationsaktiviteter, vilket också möjliggjort för forskarna att studera elevernas utveckling över tid.

Resultaten visar att de elever som hade fått arbeta med öppna undersökningar hade betydligt bättre möjligheter att resonera om undersökningar jämfört med kontrollgruppen. Även på en övning som handlade om att kritiskt granska en vetenskaplig artikel presterade dessa elever bättre. En längre period av undervisning där eleverna successivt och över tid har fått träna upp sin förmåga att undersöka tycktes alltså kunna skapa förutsättningar för elever att utveckla sin förståelse av naturvetenskapliga undersökningar. Analysen av elevernas utveckling över tid visar att förmågorna utvecklades gradvis.

I studien av Katchevich och kollegor [67] uppmärksammas elevers möjligheter att resonera och tänka kritiskt genom att formulera argument under olika faser av kemilaborationer. I studien jämfördes elever som gjorde öppna undersökningar med elever som gjorde bekräftande undersökningar. Forskarna analyserade elevernas argumentationsnivå i två olika situationer: de bedömde dels elevers samspel under tiden för det praktiska arbetet, dels kvaliteten på elevernas labbrapporter. Argument analyserades utifrån förekomst av anspråk, belägg från egna observationer och giltiga vetenskapliga förklaringar.

Resultaten är i viss mån tvetydiga. Samtidigt som de elever som hade fått arbeta med de öppna undersökningarna i sina samtal uppvisade en bättre argumentationsförmåga än jämförelsegruppen, kunde man inte se några skillnader vid analys av elevernas labbrapporter. I studien ges stöd för att öppna undersökningar med tiden förbättrade elevers möjligheter att skapa argument med koppling till vetenskapliga fakta, men att det trots det kan vara en utma-

ning att överföra kunskaperna när det kommer till den skriftliga framställningen. En annan möjlighet är att jämförelsegruppen kan ha funnit sätt att skapa goda argument i rapporteringsfasen, vilket kan ha bidragit till att utjämna skillnaderna mellan grupperna.

Cetin och kollegor [31] undersöker modellen argument-driven inquiry (ADI), som kan beskrivas som ett verktyg för att åstadkomma mer öppna undersökningar. En utgångspunkt är att modellen ska kunna stödja eleverna i deras arbete med att länka samman egna observationsresultat med vedertagna förklaringsmodeller. I termer av lärar- respektive elevansvar kan ADI-laborationerna beskrivas som guidade undersökningar, där eleverna fick utgå från en fråga som de sedan skulle diskutera och själva planera undersökningarna utifrån. I modellen understryks också vikten av det vetenskapliga argumentet, betydelsen av att kunna formulera argumenterande text och att ha gruppdiskussioner med kamratfeedback.

I studien jämfördes två grupper av elever och deras arbete med fyra laborationer om kemiska lösningar som de fick göra under en period om sju veckor. Den ena gruppen undervisades med stöd av ADI-modellen medan en kontrollgrupp fick göra mer traditionella undersökningar. Efter att båda grupper genomfört alla sina respektive laborationer utvärderade forskarna elevernas resultat genom att analysera deras skrivna labbrapporter. Därutöver intervjuades både elever och lärare om sina upplevelser av laborationerna.

I intervjuerna framkom att såväl elever som lärare var positiva till arbetet med det guidade upplägget som ADI-modellen innebär. Bland annat tycktes arbetssättet kunna skapa en känsla hos eleverna av att få arbeta som en riktig forskare. Medan lärarens positiva omdömen till större delen berörde elevernas förbättrade prestationer, nämnde eleverna själva även att möjligheten att diskutera och jämföra varandras metodval och resultat hade ett värde i sig. När det gäller kvaliteten på labbrapporterna visar resultaten att elever som undervisats med stöd av ADI-modellen uppvisade en bättre argumentationsförmåga än eleverna i kontrollgruppen.

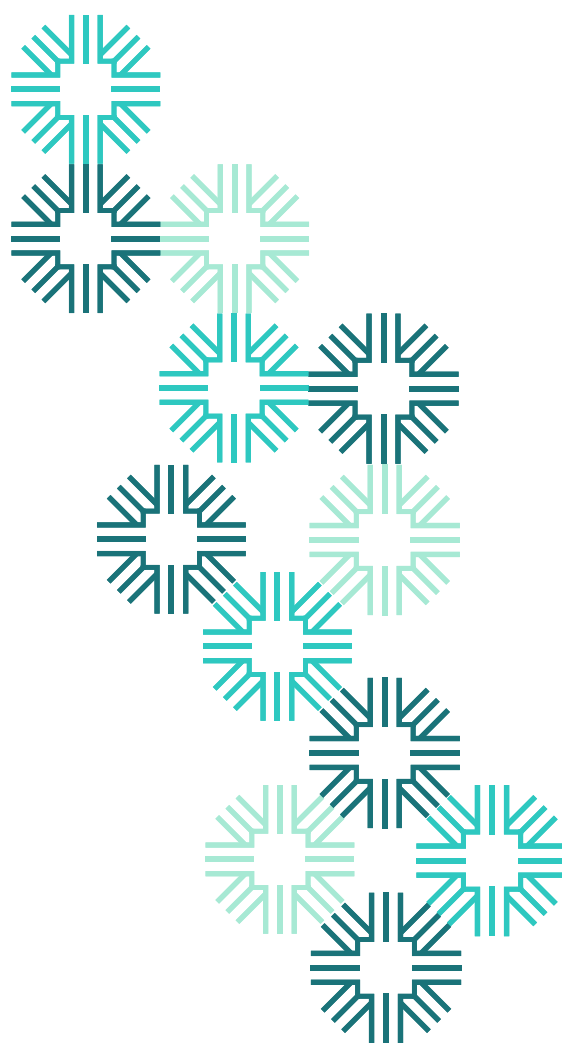
I studien av Wolf och Fraser [38] jämförs öppna med bekräftande undersökningar inom fysikundervisningen. Elever som fick göra öppna undersökningar engagerades i att ställa egna undersökningsfrågor, välja sätt att genomföra och samla in data, samt sammanställa resultaten från undersökningarna. Eleverna fick göra flera olika laborationer med olika ämnesinnehåll. I studien utvärderade forskarna bland annat hur eleverna upplevde de olika lärmiljöer som de olika arbetssätten innebar.

Analysen tyder på att de som fick göra öppna laborationer till en början behövde tydligt stöd och vägledning från lärare, men att de allteftersom blev bättre på att själva försöka finna tänkbara lösningar. Vidare såg man att elevsammanhållningen tycktes kunna gagnas av ett öppet undervisningsupplägg. Däremot föll inga säkerställda skillnader ut för elevernas upplevelser av exempelvis lärarstöd, engagemang eller samarbetsmöjligheter. I intervjuer med en mindre grupp elever i efterhand antydde att de olika uppläggen kan ha uppfattats olika av flickor respektive pojkar. Exempelvis noterade forskarna att flickor tydligare än pojkar gav uttryck för att de uppskattade det lärarstöd som de bekräftande undersökningarna innebar.

Omvänt uttryckte pojkar uppskattning av den större frihet öppna undersökningar medgav. En annan aspekt som eleverna berörde i intervjuerna generellt var att öppna undersökningar kunde få följden att arbetsbelastningen i grupper blev orättvis på så sätt att vissa elever fick ta större ansvar än andra.







## 5. Att lära sig om naturvetenskap

Elever får göra laborationer också för att de ska lära sig om naturvetenskap. Målområdet brukar på engelska benämnas nature of science (NOS), medan det på svenska vanligen benämns naturvetenskapens karaktär eller naturvetenskapens vetenskapsteori. Kunskaper om naturvetenskapens karaktär handlar främst om saker som att kunna bedöma befintlig kunskap och naturvetenskapliga påståenden. Även om laborationer kan användas för att belysa frågor om naturvetenskapens karaktär är det ett målområde som främst adresseras genom annan undervisning [8], [19], [20].

Vi har identifierat tre studier i underlaget som berör elevers möjligheter att utveckla sin förståelse av naturvetenskapens karaktär i relation till laborationer. Två av studierna berör elever i grundskolan [30], [58] och två studier handlar om elever i gymnasieskolan [30], [63]. När det gäller undervisningsämnen berörs biologi i alla tre studier [30], [58], [63], fysik i två studier [30], [58] och kemi i en studie [30].<sup>15</sup>

### 5.1 Sammanfattning av resultaten

För laborationer i skolan söker man emellanåt legitimitet och relevans genom att försöka finna sätt att efterlikna det arbete som yrkesverksamma genomför inom naturvetenskap. Ämnesinnehåll och undersökningsmetoder som elever upplever som relevanta kan skapa förutsättningar för att kunna både identifiera och reflektera över frågor om naturvetenskapens karaktär [30], [63]. Exempel på ämnesområden som berörts i de ingående studierna är kriminalteknik [30] och genetisk cancerforskning [63]. Båda exemplen innebär att laborationernas innehåll och inramning förhåller sig så nära autentiska sammanhang som möjligt och att man försöker skapa situationer där elever får arbeta med att lösa riktiga problem som anknyter till faktisk yrkesverksamhet.

---

<sup>15</sup> Studier kan beröra både grund- och gymnasieskolan och fler än ett undervisningsämne.

Att kunna reflektera över naturvetenskapens karaktär anknyter till vad som kan benämnas metastrategiska förmågor. I det här fallet handlar det om förmågan att kunna reflektera över både olika sätt att söka kunskap på och hur säker denna kunskap kan anses bli. Spänningar som kan uppstå när elever och lärare måste förhandla om och komma överens om laborationers relevans kan hämma elevers möjligheter att göra den typen av reflektioner. I synnerhet är det viktigt att vara medveten om betydelsen av lärarens inverkan i förhandlingar med elever om laborationers äkthet [58]. För att elever ska få förutsättningar att kunna reflektera över naturvetenskapens karaktär inom ramen för laborationer behöver eleverna hjälp att lägga märke till sådana aspekter som ger sammanhang [30], [58], [63]. Det kan åstadkommas genom att läraren ger förhandlingar om relevans och överenskommelser större utrymme än konstateranden [58], men också genom att välja ett ämnesinnehåll som elever upplever är angeläget och på riktigt [30], [63].

Sammantaget tyder underlaget på att man kan införa autentiska inslag, eller inslag som närmar sig hur riktig forskning bedrivs, successivt, men att lärarens förhållningssätt till laborationsundervisningen har stor betydelse för om det ska bli framgångsrikt för eleverna [30], [58], [63]. Att bli färdig med en laboration under ett visst tidsspänn kan vara mindre värdefullt för att belysa frågor om naturvetenskapens karaktär än de diskussioner som elever och lärare kan föra om själva laborationen. Det finns också en risk att om läraren tar pedagogiska initiativ med laborationers genomförande och tillvägagångssätt i fokus, så kan det äventyra elevernas uppfattningar om naturvetenskapens karaktär.

## 5.2 Beskrivning av ingående studier

I tabell 7 listas de studier som underbygger kapitlets sammanfattning. Direkt efter tabellen summerar vi forskningsresultaten från varje enskild studie som ingår. Resultaten presenteras i den ordning som ges i tabellen.

TABELL 7. Ingående studier: Att lära sig om naturvetenskap

STUDIE	ÄMNE NIVÅ	UPPLÄGG	DELTAGARE
Blanchard m.fl., 2010 USA [30]	bi, fy, ke hö, gy	jämförande (kr), tester, 2 grupper, 1 vecka	1700 elever, 24 lärare
Munn m.fl., 2017 USA [63]	bi gy	jämförande (kv), tester, enkät, intervjuer, 2 grupper, 3 veckor	259 elever, åk 9–12, 6 lärare
Lundin och Lindahl, 2014 Sverige [58]	bi, fy hö	observationer 30 timmar	2 klasser, 13 och 15 år, 2 lärare

bi=biologi, fy=fysik, ke=kemi, hö=högstadium, gy=gymnasieskola, kv=kvasiexperimentell, kr=korrelationsanalys

I studien av Blanchard och kollegor [30], som jämför guidade med bekräftande undersökningar undersöks även undervisningsuppläggets betydelse för elevernas förståelse av naturvetenskapens karaktär. Elevernas laborationer ramades in i ett sammanhang där de fick använda kriminaltekniska metoder såsom mikroskopi och kromatografi för att identifiera en tänkt brottsling. Forskarna utvärderade elevernas förståelse av naturvetenskapens karaktär med hjälp av öppna enkätfrågor och i intervjuer. Frågorna berörde exempelvis naturvetenskapliga kunskapers föränderlighet och vad som kan få oss att ändra uppfattning om hur något kan förstås och förklaras.

När det gäller kunskaper om naturvetenskapens karaktär visar resultaten att elever som hade fått göra guidade undersökningar presterade signifikant bättre än de elever som hade fått göra bekräftande undersökningar. Det guidade upplägget tycktes kunna skapa bättre förutsättningar för eleverna att reflektera över naturvetenskapens karaktär.

För att elevernas möjligheter skulle främjas av det guidade upplägget var det, precis som med utvecklingen av ämneskunskaper och undersökningsförmåga, dock väsentligt att läraren hade genomfört det guidade undervisningsupplägget fullt ut. Sambandet mellan det guidade upplägget och elevens utveckling och lärande var som allra tydligast just när det gäller naturvetenskapens karaktär. Inramningen med kriminalteknik i kombination med det guidade upplägget kan ha bidragit till att eleverna kunde reflektera över osäkerheter i och bevisvärdering av sina slutledningar.

Munn och kollegor [63] undersöker elevens användning av genetikdatabaser som tillägg till en praktisk laboration. I en efterföljande utvärdering som eleverna fick göra inkluderade forskarna frågor om naturvetenskapens karaktär. En utgångspunkt för studien är att förhålla sig så nära autentiska sammanhang som möjligt genom att inkorporera moderna metoder för hur forskning inom genetikområdet numera kan göras med hjälp av stora data. Ämnesområdet för aktiviteterna var att undersöka sambandet mellan rökning och cancerrisk till följd av genetiska förändringar, vilket valdes för att skapa ett verklighetsnära och relevant sammanhang för eleverna. I studien jämfördes två elevgrupper som fick göra samma två aktiviteter men i olika ordning.

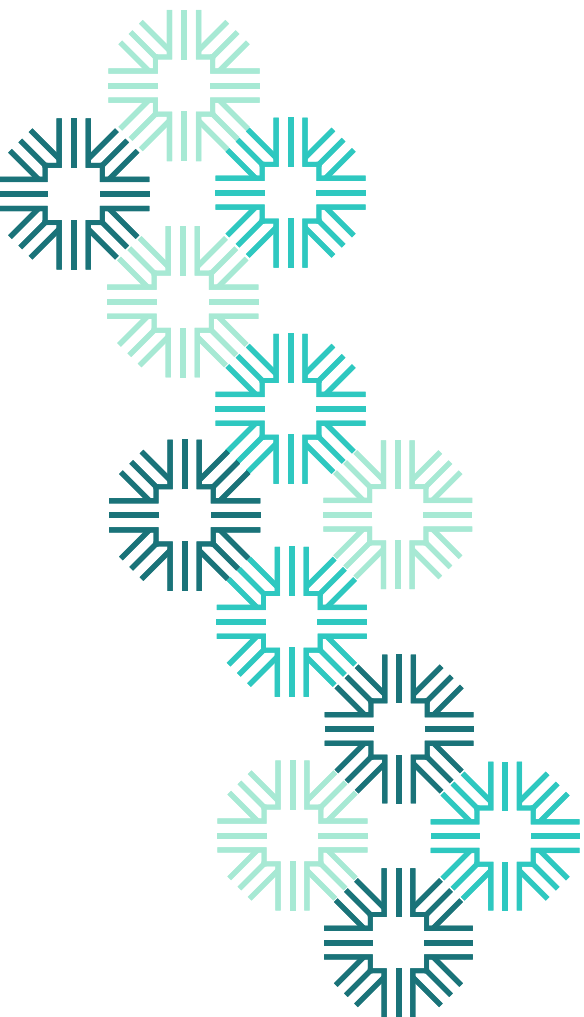
Man kunde inte påvisa några skillnader mellan grupperna i utvärderingen, men i efterföljande intervjuer noterades att elevernas erfarenheter av de två olikartade aktiviteterna kunde ha haft betydelse för deras kunskaper om naturvetenskapens karaktär. Eleverna ansåg att databasaktiviteten gav dem nya perspektiv på hur man kan göra naturvetenskapliga undersökningar och att den gav utrymme för fler undersökande moment och fler slutsatser. Eleverna uttryckte dock samtidigt att riktig vetenskap ändå mest liknar det de fick genomföra utan databaserna. Anledningen till detta kan ha legat i att elever tycktes göra skillnad på ”göra vetenskap” och ”göra forskning”, varför man kan behöva införa databaslaborationer successivt och under en längre tid. Det kan göra det möjligt för elever att förstå att giltiga vetenskapliga kunskaper även kan erhållas via andra personers datamaterial (”göra forskning”).

Lundin och Lindahl [58] intresserar sig för laborationers relevans i relation till elevens för-

ståelse av naturvetenskapens karaktär och vad som kännetecknar naturvetenskaplig verksamhet. Studien tar fasta på möjligheten att närma sig frågor om naturvetenskapens karaktär genom laborativt arbete. Fokus ligger på hur lärare och elever förhandlar och interagerar om laborationsaktiviteternas relevans samt skillnader mellan lärares och elevers positioner i dessa samtal. Undervisningen analyserades genom att man studerade relationen mellan det eleverna uppfattade som viktigt och lärarens styrning av deras uppmärksamhet, något som författarna benämner epistemologiska riktningsgivare. Det kan handla om att läraren eller eleverna bekräftar att de känner igen undersökta fenomen, eller att uppmärksamhet riktas mot något som man redan har noterat, men ännu inte uppmärksammat som viktigt.

Resultaten visar att både lärare och elever använde sig av epistemologiska riktningsgivare som kunde fånga gruppens uppmärksamhet. På så sätt kunde förhandlingar ske om aktivitetens relevans ur deltagarnas egna synvinklar. Resultaten indikerar att lärarna i samtalen uppmärksammade säkerhet, procedurer och noggrannhet för att legitimera laborativa aktiviteter och ge dem relevans. Genom att enbart uppmärksamma dessa aspekter noterades en risk att frågor om naturvetenskapens karaktär kan äventyras. Trots begränsat dataunderlag påpekar författarna att de förhandlingar som uppstod verkade oundvikliga och att det är inom dessa förhandlingar som överenskommelser mellan lärare och elever måste ske. Missuppfattningar av, eller obefintliga överenskommelser om, de laborativa aktiviteternas äkthet bidrog till minskad legitimitet och underminerade undervisningens ambitioner om att förmedla en kunskap som är överförbar till andra sammanhang.





## 6. Diskussion

I det här kapitlet lyfter vi några aspekter på laborationen i ett vidare undervisningssammanhang. Vi finner det värdefullt att beröra såväl tydliga resultat som intressanta utmaningar. Slutligen diskuterar vi också några begränsningar som följer av översiktens forskningsfrågor och urvalskriterier.

### 6.1 Laborationer är en del av en helhet

Den här översikten handlar om laborationer och laborationsundervisningen. Laborationer används för att bidra till att elever ska kunna nå målen med undervisningen i de naturvetenskapliga ämnena. En stor del av det begreppsliga innehåll som målen uttrycker får eleverna vanligen möta på flera olika sätt och vid flera tillfällen i undervisningen.

Översiktens, och de ingående studiernas, fokus på laborationen medför att det inte går att ge något enkelt svar på hur ett ämnesinnehåll kan eller bör behandlas i naturvetenskapsundervisningen i stort. Översiktens resultat visar trots det tydligt hur laborationerna kan synliggöra många av de utmaningar som både elever och lärare kan möta i relation till innehållen. På så sätt ger resultaten, utöver kunskaper om hur lärare kan utveckla laborationer i sig, konkreta inblickar i aspekter av innehåll som kan vara bra att uppmärksamma i anslutning till elevernas laborationer. Hur framgångsrik en viss laboration blir påverkas av hur den integreras i den övriga undervisningen. Laborationerna gör det möjligt för eleverna att öva på hur de kan synliggöra eller omsätta begreppsliga kunskaper i praktisk handling. Det gäller både de naturvetenskapliga fenomenen, såsom hur temperaturen påverkar ett ämnes löslighet i vatten, och metodläran, såsom vad det innebär att kontrollera variabler. Man kan se laborationen som ett pedagogiskt verktyg som används i relation till de syften och mål som läraren har med en viss aktivitet. Lärares stöd kan handla om att i förväg introducera eleverna till de aspekter som en labora-

tion ska adressera. Det kan även innebära att man i diskussioner följer upp laborationen med utgångspunkt i elevernas erfarenheter av det praktiska arbetet och i relation till målen. Därtill kan lärare under tiden för aktiviteten behöva guida eleverna för att de ska behålla fokus på de aspekter som ska betonas. Eftersom undervisningen inte kan tillhandahålla alla mål samtidigt behöver läraren göra väl motiverade val och prioriteringar.

## 6.2 Att upptäcka eller inte upptäcka

Undersökande arbete används ibland i den vida meningen att elever ska få möjlighet att själva upptäcka kunskap som är okänd för dem. Denna betydelse av undersökande arbete är inte förbehållen undervisning i de naturvetenskapliga ämnena utan kan tillämpas inom många, för att inte säga alla, ämnesområden om än på olika sätt. En utgångspunkt kan vara att elevens eget sökande efter, och finnande av, kunskap kan fungera motiverande och fördjupa lärandet. Med den utgångspunkten är det rimligt att anta att upplevelsen av plötslig insikt kan väcka en känsla av upptäckarglädje, men att det samtidigt kan finnas en risk för besvikelse om aha-upplevelsen uteblir. Översiktens resultat visar att det är en utmaning för elever att inom ramen för sina laborationer få syn på fenomen, och att det stöd eleverna sammantaget får i mötet med ämnesinnehållet avgör deras möjligheter att lyckas. När elever ännu inte vet så mycket om de naturvetenskapliga fenomen som de ska undersöka är en rimlig slutsats att stödet behövs inte bara under tiden för laborationsaktiviteterna, utan även såväl före som efter aktiviteterna. Också i detta sammanhang blir det tydligt att laborationer är en del av hela undervisningen och inte en separat del.

## 6.3 Undersökningen som eget innehåll

Att elever ska lära sig att genomföra systematiska naturvetenskapliga undersökningar är ett eget innehåll i kurs- och ämnesplanerna. Förmågan omfattar både färdigheter och kunskaper i metodlära, det vill säga kunskaper om både hur man gör undersökningar och varför de ska göras på vissa sätt. För att kunna tillämpa och förstå naturvetenskapliga arbetsmetoder behöver elever behärska båda dessa dimensioner.

Det kan finnas en risk att det inte alltid är tydligt för eleverna när de gör laborationer för att lära sig naturvetenskapliga arbetsmetoder. Även om undervisningen fokuserar arbetsmetoderna har en laboration alltid ett ämnesspecifikt innehåll. Det ämnesspecifika blir då sammanhanget inom vilket naturvetenskapliga arbetsmetoder åskådliggörs. I praktiken innebär det att läraren behöver välja ämnesspecifikt innehåll med omsorg och anpassa valet till varje situation. Det kan göras på olika sätt. Ett sätt kan vara att välja ett innehåll som eleverna är välbekanta med, ett annat att tydligt kommunicera till eleverna att själva svaret på en undersökningsfråga i dessa fall har mindre betydelse.



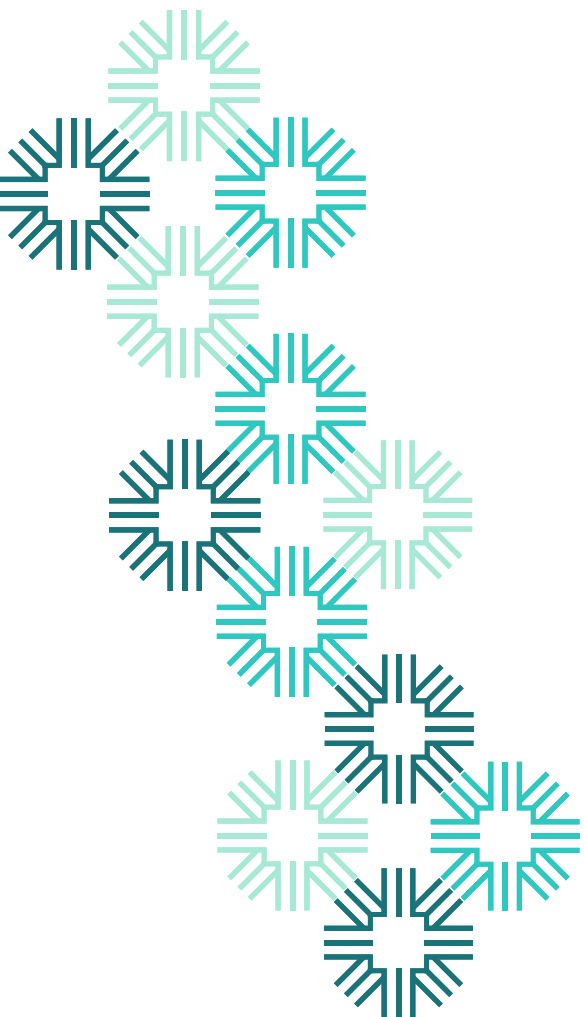
## 6.4 Metoddiskussion – översiktens forskningsfrågor styr urvalet

För att kunna genomföra en systematisk översikt krävs att man väljer vilka studier som ska ingå på grundval av tydliga villkor. När man har genomfört litteratursökningarna väljer projektgruppen ut de studier som är relevanta för översikten. Urvalet av studier styrs främst av översiktens forskningsfrågor. Frågorna som den här översikten utgår från fokuserar laborationen i syfte att utveckla elevers begreppsliga ämneskunskaper och förmåga att genomföra systematiska undersökningar. Av frågorna följer att de studier som har valts ut i första hand kopplar till att elever ska lära sig naturvetenskap och lära sig att utföra naturvetenskap (målområde 1 och 2, se avsnitt 1.2.3). Därmed har studier som eventuellt har undersökt laborationen i relation till andra mål inte kommit med, i fall dessa studier inte samtidigt har undersökt elevernas utveckling av begreppsliga ämneskunskaper eller förmåga att genomföra systematiska undersökningar. De tre studier i översikten som berör att elever ska lära sig om naturvetenskap (målområde 3) presenterar således även resultat som på ett direkt sätt bidrar till att besvara översiktens forskningsfrågor. Vår bedömning är att resultaten beträffande elevers lärande om naturvetenskap är värdefulla att uppmärksamma trots att de kan sägas ligga i utkanten i relation till översiktens forskningsfrågor.

När det gäller målet att elever ska lära sig om samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll (målområde 4) saknas studier i vårt underlag. En förklaring kan vara att det är ovanligt att inom ramen för laborationer kombinera området med att elever också ska lära sig ämneskunskaper eller att göra undersökningar.

I översikten ingår vidare enbart studier som omfattar att elever har fått göra egna observationer av reella objekt, det vill säga att eleverna ska själva ha samlat in data. Det betyder att vi har valt bort studier som inte uppfyller det villkoret, trots att de kan ha fokuserat relevanta aspekter av naturvetenskapliga undersökningar. Till exempel kan det handla om studier av undervisning där elever har fått arbeta med observationsrapporter, det vill säga redan insamlad data. Undervisning med utgångspunkt i observationsrapporter kan i princip omfatta alla delar av en naturvetenskaplig undersökning med undantag just för datainsamlingen. Sådan undervisning kan dessutom möjliggöra att elever kan arbeta med data som svårigen kan samlas in i ett skolsammanhang men som är lättillgängliga exempelvis via internet. Det är troligt att även detta bidrar till att översikten omfattar endast ett fåtal studier som belyser elevers lärande om naturvetenskap (målområde 3) och inga studier om samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll (målområde 4).

Trots att översikten har tyngdpunkt på laborationen i relation till att elever ska lära sig naturvetenskap och lära sig att utföra naturvetenskap har vi valt att ta avstamp i och beskriva alla fyra målområden. Vår bedömning är att målområdena erbjuder en struktur för att kunna överblicka undervisningen i de naturvetenskapliga ämnena som kan bidra till att kunna reflektera över laborationens roll i relation till undervisningen i stort.



## 7. Metod och genomförande

I det här kapitlet ger vi en detaljerad beskrivning av metoder och genomförande för översikten. Vi redogör för de metodologiska principer som ligger till grund för översikten och de bedömningar som vi har gjort i arbetet.

### 7.1 Behovsinventering och förstudie

Skolforskningsinstitutet genomför löpande behovsinventeringar, vilket sker genom dialog med både verksamma och organisationer inom skolväsendet samt med forskare inom utbildningsvetenskap. Syftet med inventeringarna är att försöka ringa in angelägna undervisningsnära frågor där forskningssammanställningar i form av systematiska översikter kan vara viktiga underlag för att utveckla praktiken.

Materialet från behovsinventeringarna bearbetas av institutet genom förstudier. Förstudierna är sedan underlag för Skolforskningsnämnden<sup>16</sup> som tar beslut om de systematiska översiktens övergripande inriktningar. Syftet med förstudierna är att undersöka förutsättningarna för att sammanställa översikter inom ett identifierat behovsområde. Det handlar då om att föreslå en inriktning som överensstämmer med institutets uppdrag och att bedöma om det finns tillräckligt med forskning på området för att en systematisk översikt ska vara meningsfull.

Det samlade materialet visar att naturvetenskapslärare har behov av mer kunskap om hur laborationer kan användas i olika syften och hur man kan utveckla laborationsundervisningen. Förstudien visade vidare att det finns tillräckligt med forskning för att kunna sammanställa en systematisk översikt med en potential att vara till nytta för lärares utveckling av undervisningspraktiken.

---

<sup>16</sup> Inom myndigheten finns ett särskilt beslutsorgan som benämns Skolforskningsnämnden, som beslutar vilka systematiska översikter som ska genomföras.

## 7.2 Frågeställning

En systematisk översikt grundar sig på den forskning som identifieras och väljs ut. För att skapa förutsättningar för litteratursökningen och urvalet av studier behöver projektgruppen precisera den övergripande inriktningen. Många överväganden behöver göras för att precisera frågorna. Om de blir för breda och övergripande kan det innebära att översikten blir mycket omfattande och komplex. Blir de däremot alltför snäva kan det innebära en risk att resultatets användbarhet i praktiken blir begränsad.

De övergripande frågor som vi ställer i den här översikten är:

- Vad kännetecknar laborationer i naturvetenskapsundervisningen som utförs i syfte att utveckla elevers ämneskunskaper och förmåga att genomföra systematiska undersökningar?
- Vilka metoder och arbetssätt som kan bidra till att utveckla elevers ämneskunskaper och förmåga att genomföra systematiska undersökningar lyfts fram i forskningen om laborationer och laborationsundervisning?

Frågan preciseras vidare genom att projektgruppen bestämmer så kallade inklusions- och exklusionskriterier. Med hjälp av kriterierna skapas förutsättningar för att ta fram en sökstrategi och principer för hur urvalet av litteratur ska gå till.

## 7.3 Inklusions- och exklusionskriterier

Skolforskningsinstitutet använder en modell där vi med hjälp av inklusionskriterier bestämmer vilka som ska ha deltagit i studierna, vilka arbetssätt och undervisningsmetoder man ska ha tillämpat samt hur dessa ska definieras, vilken typ av resultat som ska ha rapporterats samt i vilket sammanhang som forskningen ska vara gjord.

Projektgruppen behöver också formulera en rad andra tekniska villkor för att kunna genomföra en systematisk översikt. Det kan handla om vilken tidsperiod litteratursökningen ska fokusera, vilka publikationsformer som ska accepteras eller vilka språk forskningen ska vara rapporterad på, för att projektgruppen ska kunna bedöma den.

För att en studie ska komma med i översikten behöver alla inklusionskriterier vara uppfyllda. Forskning som inte ska tas med följer i de flesta fall som en konsekvens av inklusionskriterierna. Ibland finns dock behov av att även formulera ett antal exklusionskriterier, dvs. kriterier som förtydligar exempelvis forskningsinriktningar som inte kommer att beaktas i översikten.

TABELL 8. Inklusions- och exklusionskriterier

DELTAGARE – INKLUDERA	DELTAGARE – EXKLUDERA
Elever i grundskolans årskurs 6–9 och elever i gymnasieskolan.	Forskning med en huvudinriktning på specifika elevgrupper kategoriserade efter exempelvis behov av olika former av särskilt stöd.
ARBETSSÄTT – INKLUDERA	ARBETSSÄTT – EXKLUDERA
Laboration i form av praktisk undersökning där elever enskilt eller i grupp får manipulera och/eller observera reella objekt med tillhörande datainsamling.	Aktiviteter där elever tillhandahålls eller hänvisas till enbart redan insamlad information (observationsrapporter), exempelvis renodlade litteraturstudier.
	Renodlat datorbaserad undervisning, exempelvis simuleringar och virtuella laborationer.
RESULTAT – INKLUDERA	RESULTAT – EXKLUDERA
Resultat som avser elever eller elever och deras lärare.	Resultat som avser enbart lärare eller blivande lärare.
Resultat som ger förståelse av eller förklaringar till vad som kännetecknar laborationer som kan bidra till elevers utveckling av ämnesspecifika kunskaper och/eller förmåga att genomföra systematiska undersökningar.	Resultat avseende enbart motivations- (intresse eller upplevd användbarhet för framtida studier eller yrke), attityds- och självförlitningsaspekter (tro om egen förmåga), det vill säga studier som inte länkar eventuella sådana resultat till elevers utveckling och lärande.
Studiernas resultat ska kunna hänföras till i tid och rum specifik undervisning. De studerade aktiviteterna när det gäller innehåll och upplägg ska vara välbeskrivna.	Bedömningar av kunskapsresultat efter insats utan jämförelse.
För utfall som rör mätbara kunskapsresultat krävs att två eller flera insatser jämförs.	Enbart självrapporterade resultat avseende kunskapsutveckling.
Elevs (och eventuellt deras lärares) uppfattningar och upplevelser av undervisning, undersökt exempelvis med intervjuer eller enkäter.	Resultat som avser laborationsundervisning allmänt.
Forskarens observationer av elevers (och eventuellt deras lärares) arbete med laborationer undersökt exempelvis genom videoinspelning, ljudupptagning, fältanteckning eller dokumentanalys.	

SAMMANHANG – INKLUDERA	SAMMANHANG – EXKLUDERA
Gångse/ordinarie undervisning.	Forskning med en huvudinriktning på specifik undervisning i syfte att möta behov av olika former av särskilt stöd, exempelvis specialpedagogiska insatser eller andraspråksundervisning.
Biologi-, fysik-, kemiundervisning eller en kombination av dessa ämnen. Även undervisning inom ramen för naturvetenskap (science).	Extraordinära undervisningsaktiviteter ämnade för specifika individer, grupper eller tillfällen, exempelvis undervisning utanför skolmiljö såsom museer, i autentiska forskningsmiljöer, på arbetsplatser eller vetenskapscentra, eller studiecirklar för särskilt vetenskapsintresserade liksom övningar inför examsprov.
Forskning från alla länder som kan identifieras förutsatt att undervisningens innehåll, inom definierade ramar, kan bedömas vara relevant för den svenska skolan.	Teknik/ingenjörsvetenskaps-,geografi/geovetenskapsundervisning.
	Utomhusundervisning.
TEKNISKA AVGRÄNSNINGAR – INKLUDERA	TEKNISKA AVGRÄNSNINGAR – EXKLUDERA
Empiriska primärstudier.	Forskningsöversikter.
Tidskriftsartiklar.	
Doktorsavhandlingar från lärosäten i Norden. Vid sammanläggningsavhandlingar inkluderas delstudier i första hand.	
Litteratur skriven på engelska eller skandinaviska språk.	
Litteratur publicerad 1996–2018.	
Endast litteratur som genomgått peer review-granskning.	

### 7.3.1 Valet av inklusions- och exklusionskriterier

#### *Deltagare*

Vi har valt att fokusera översikten mot grundskolans senare år och gymnasieskolan. Det är i allmänhet från och med omkring årskurs 7 som naturvetenskapsundervisningen på ett tydligare sätt delas upp i skolämnen biologi, fysik och kemi<sup>17</sup> [71]. Eftersom skolsystemen i olika länder kan skilja sig när det gäller hur naturvetenskapsundervisningen är organiserad i relation till elevålder och årskurser har vi valt att inkludera studier med elever från och med årskurs 6 eller cirka 12 års ålder. Vår målsättning är att i översikten kunna uttala oss om laborationsundervisningen i motsvarande svenska grundskolans högstadium och i gymnasieskolan.

#### *Arbetsätt*

I översikten har vi avgränsat oss till studier av undervisning där det ingår att elever gör någon form av praktisk undersökning genom att manipulera och/eller observera reella objekt med tillhörande datainsamling, inom ramen för skolans ordinarie undervisning, vanligtvis i laborationssalen eller klassrummet. Denna definition ligger nära den som Abrahams och Reiss använder och som lyder "...students, working either individually or in small groups, are involved in manipulating and/or observing real objects and materials..." [24, s. 1036]. Även om definitionen täcker in endast en del av tänkbar undervisning i, om eller med hjälp av systematiska undersökningar är vår bedömning att den utgör en relevant utgångspunkt för ett svenskt sammanhang.

Laborationsaktiviteterna i studierna kan till exempel röra sig om att elever får experimentera, observera, mäta eller ta prover med eller utan hjälp av mätinstrument och annan teknisk utrustning. Kurs- och ämnesplanerna föreskriver att eleverna, genom praktiskt undersökande arbete, ska få möjlighet att utveckla färdigheter i att hantera såväl digitala verktyg som annan utrustning [10], [11]. Därför inkluderar vi studier som har undersökt elevers användning av digitala verktyg som hjälpmedel eller komplement till sina undersökningar. Men renodlat datorbaserade aktiviteter såsom simuleringsövningar eller virtuella laborationer ingår inte i översikten. Ytterligare en konsekvens av kriteriet är att vi inte tar med aktiviteter där elever enbart tillhandahålls eller hänvisas till redan insamlad information, det vill säga observationsrapporter.

#### *Resultat*

Forskning som inkluderas ska ha rapporterat resultat som ger förståelse av, eller förklaringar till, vad som kännetecknar laborationer och laborationsundervisning som ger förutsättningar för eller kan bidra till elevernas utveckling och lärande. Det kan omfatta resultat från observationer, intervjuer, enkäter, experiment eller dokumentanalyser i samband med laborations-

<sup>17</sup> I Sverige gäller att betyg ska sättas i grundskolans ämnen i slutet av varje termin från och med årskurs 6 i de ämnen som eleven har fått undervisning i under terminen. Om undervisningen i naturorienterade ämnen och samhällsorienterade ämnen i huvudsak varit ämnesövergripande fram till och med slutet av årskurs 6, får rektorn dock besluta att ett sammanfattande betyg ska sättas för dessa respektive ämnen i årskurs 6.

undervisning. Det kan också omfatta studier som sökt utvärdera effekter med avseende på något specifikt utfall till följd av en viss typ av aktivitet eller ett undervisningsupplägg.

Vår uppfattning är att det är en tillgång att kunna kombinera resultat från studier som undersöker området med olika metoder och ur olika aspekter. De inklusions- och exklusionskriterier vi har valt möjliggör ett urval av empiriska studier av olika design.

När det gäller studier av effekter på elevers kunskapsutveckling har vi ställt som krav att forskarna ska ha jämfört minst två olika insatser eller arbetssätt. Kravet motiveras av att det annars är svårt att skilja eventuella effekter av en insats från en normalt förväntad utveckling som följer av att i någon form delta i undervisning. Det betyder att vi inte har tagit med studier som gör enbart före- och efterbedömningar i en och samma elevgrupp i relation till någon insats. Vi har även valt att inte acceptera självrapporterade resultat avseende kunskapsutveckling eller resultat som avser enbart motivationsaspekter, såvida dessa aspekter inte tydligt länkas till elevers utveckling och lärande.

### *Sammanhang*

Vi har valt att begränsa översikten till biologi-, fysik- och kemiundervisning eller en undervisning där dessa ämnen kombineras. Därutöver kan det även ingå undervisning inom ramen för vad som benämns naturvetenskap (science). Detta betyder exempelvis att vi inte har tagit med undervisning i teknik eller ingenjörsvetenskap (engineering) samt geovetenskap, trots att dessa inriktningar internationellt kan sortera under naturvetenskaperna i skolsammanhang [1]. I Sverige är teknik ett eget skolämne och det mesta från geovetenskapen är placerat i de samhällsorienterande ämnena, och då särskilt i ämnet geografi. Ämnesinriktningarna är dock till sina karaktärer tvärvetenskapliga [10], [11], [72].

Studierna som inkluderas ska ha ett tydligt fokus på laborationen och laborationsundervisningen. De aktiviteter som eleverna genomför måste vara välbeskrivna. Det innebär att vi exkluderar undervisningsmodeller eller komplexa insatser där laborationer inte är i studiens fokus eller utgör en oskiljaktig del av en större helhet, eller utgör ett sammanhang för att studera något annat.

Vi har inte inkluderat forskning med en huvudinriktning på specifik undervisning i syfte att möta behov av olika former av särskilt stöd eller extraordinära undervisningsaktiviteter. Vi har heller inte tagit med forskning om renodlad utomhusundervisning, vilket exempelvis innebär att fältstudier i biologi inte ingår. Vår bedömning är att laborationsundervisning i dessa sammanhang kan vara behäftad med särskilda såväl utmaningar som möjligheter och att översikter inom dessa områden bör genomföras separat.

### *Tekniska avgränsningar*

Vi har inkluderat enbart empiriska primärstudier som underlag till översiktens resultat-sammanställning. Litteratur som inkluderas ska vara publicerad 1996–2018. Anledningen till att vi valt 1996 som startår för litteratursökningarna är att vetenskapsakademien i USA då publicerade riktlinjer för naturvetenskapsutbildningen, den så kallade National Science



Education Standards [73]. Vår bedömning är att riktlinjerna har haft en viktig betydelse för naturvetenskapsämnenas innehåll i skolsammanhang över stora delar av världen och också fått ett stort inflytande på den ämnesdidaktiska forskningen inom området.

## 7.4 Litteratursökning

Arbetet med en systematisk översikt kännetecknas av en omfattande sökning av forskningslitteratur. I litteratursökningen är det viktigt att använda en sökstrategi för att på ett systematiskt sätt finna forskningslitteratur som är relevant för översiktens frågeställning. Sökstrategin utformas med hänsyn till bland annat vilka informationskällor som ska användas samt vilka sökord och begränsningar som behövs.

Litteratursökningen för denna översikt gjordes i följande vetenskapliga databaser: Den Danske Forskningsdatabase, ERIC, Education Source, Oria, PsycINFO, Scopus och SwePub. Därtill sökte vi efter skandinaviska avhandlingar i andra källor.

I många vetenskapliga databaser kan man göra en sökning med hjälp av en söksträng som formuleras genom en kombination av sökord. I den här systematiska översikten arbetade vi fram söksträngar i två steg. Först gjordes en bred sökning i ERIC för att fånga upp forskning som studerat området ur olika aspekter och infallsvinklar relaterat till frågeställningen. Söksträngen formulerades med sökord som relaterade till laborationer och naturvetenskap i ett skolsammanhang. Dessa begrepp samlades in i förstudiearbetet och med hjälp av projektets externa forskare. Baserat på resultatet av den inledande sökningen och relevansgranskningen av studier i ERIC omformulerade vi söksträngarna något för de resterande databaserna. Bland annat infördes villkoret att relevanta sökord skulle finnas både i studiens titel och sammanfattning för att fångas av söksträngen. Vi adderade även några ytterligare sökord, och ett par sökord kombinerades med andra termer för att uppnå bättre träffsäkerhet.

Söksträngarna bestod av olika former och kombinationer av följande engelska söktermer: laboratory, laboratory work, hands-on, practical work, practical skill, practical activity, practical lesson, experiment, investigation, demonstration, inquiry, classroom activity, active learning, argumentation, hypotheses, reasoning, problem-based, process-based, problem-solving, planning, questioning, science, scientific, physics, chemistry, biology, classroom, teach, learn, student, pupil, school, practice, instruction, education, skill, didactic, pedagogical. De engelska sökorden kompletterades i de skandinaviska databaserna med svenska, danska och norska begrepp. För en detaljerad beskrivning av sökstrategier och söksträngar, se bilaga 1.

Totalt resulterade litteratursökningen i ca 11 700 unika träffar. Mängden kan bland annat förklaras av att forskningsfältet är stort och omfattande samt att sökningen omfattade publikationer ända från 1996 och framåt. Vi kunde också konstatera att många studier i sökresultatet exempelvis fokuserade på högre utbildning och disciplinär naturvetenskaplig forskning, vilka snabbt kunde sorteras bort i granskningen.

## 7.5 Relevans- och kvalitetsbedömning

Relevansgranskningen gjordes i flera steg. I ett första steg (relevansgranskning 1) gick två medarbetare vid Skolforskningsinstitutet igenom titlar och sammanfattningar tillhörande alla referenser som identifierats i litteratursökningen. Den litteratur som inte motsvarade de uppställda kriterierna gallrades bort. För att inte riskera att missa relevant litteratur tillämpades principen hellre fria än fälla, vilket innebar att alla publikationer som inte säkert kunde bedömas gick vidare till nästa steg i urvalsprocessen.

I ett andra steg (relevansgranskning 2) gick projektets externa forskare igenom titlar och sammanfattningar tillhörande alla referenser som kvarstod efter den första gallringen. De två externa forskarna genomförde relevansgranskningen oberoende av varandra. Det innebar att litteratur som minst en av forskarna bedömde uppfylla kriterierna, eller då tillräcklig information saknades för att göra en bedömning, gick vidare till nästa steg.

I ett tredje steg genomfördes relevansgranskning i fulltext. I detta steg bedömdes publikationerna i sin helhet. Även fulltextläsningen genomfördes av de externa forskarna oberoende av varandra. Den som efter läsning i fulltext bedömde att en publikation borde exkluderas fick också ange skälen för detta.

Litteratur som exkluderades efter bedömning i fulltext sorterades bort av något eller flera av följande skäl: fel deltagare, metod eller arbetssätt, typ av resultat, sammanhang, språk eller publikationstyp; bakgrundsmaterial som forskningsöversikter, debattinlägg, reflektioner, tips och trix eller liknande; eller dubblett. Dubblett innebär två exemplar av samma referens och uppkommer vanligen som en följd av att samma referens fångas upp från två eller flera databaser.

Vi redovisar inte antalet publikationer som sorterats under respektive kategori av exklusionsorsaker. Anledningen är att publikationerna kan ha brutit i överensstämmelse med översiktens fråga av flera olika skäl. Vid bedömningen har principen varit att exkludera studier som inte uppfyller översiktens kriterier så snart någon bristande överensstämmelse påträffades. En redovisning av dessa frekvenser skulle därför kunna bli missvisande.

De oenigheter som uppstod, det vill säga när de externa forskarna hade bedömt en och samma publikation olika, löstes genom ett konsensusförfarande enligt följande: den forskare som inkluderat en publikation som den andra forskaren hade exkluderat fick relevansbedöma en extra gång, då med information om den exklusionsorsak som den andra forskaren angett i steget innan. Vid behov fördes en diskussion för att enas om ett gemensamt beslut.

I det fjärde och sista granskningssteget gjorde de externa forskarna en fördjupad relevans- och kvalitetsbedömning. För att studierna skulle behandlas på ett systematiskt och likvärdigt sätt användes Skolforskningsinstitutets bedömningsstöd som i ett antal frågor tar upp olika aspekter som kan påverka kvaliteten, se bilaga 2. Bedömningsstödet funktion var att ge en övergripande vägledning för granskningen. Studier som exkluderades i detta steg bedömdes sakna vissa kvaliteter eller karaktärsdrag som behövs för att den skulle kunna bidra till att besvara översiktens frågor. Det betyder dock inte nödvändigtvis att studien bedömdes hålla en låg kvalitet rent allmänt, i förhållande till sitt eget syfte.

## 7.6 Data- och resultatextraktion

Data- och resultatextraktion innebär att man plockar ut relevant information från de studier som ska ingå i översikten. Syftet är att beskriva studierna som ingår i urvalet, med avseende på använda forskningsmetoder, resultat och slutsatser. Även andra aspekter som projektgruppen har bedömt som relevanta kan registreras för att skapa förutsättningar för olika sätt att kartlägga det vetenskapliga underlaget.

Som ett första steg sammanfattade de externa forskarna alla studier som passerade det sista granskningssteget i tabeller. I tabellerna förtecknades uppgifter om bland annat referensinformation, studieupplägg, elevgruppens karaktär, laborationernas ämnesinnehåll och om möjligt undervisningens syfte och uppläggning, samt framskrivna resultat och slutsatser. I tabellerna registrerades också kortfattade sammanfattningar av vad varje studie kan bidra med i relation till översiktens frågeställning och preliminära idéer om hur studierna och forskningsresultaten kunde kategoriseras.

De enskilda studiernas forskningsresultat extraherades och tolkades också i samband med att sammanfattande texter till denna rapport växte fram. Att ta fram sammanfattningarna bidrog till arbetet med att kategorisera materialet och skapa en djupare förståelse av forskningsresultaten. Projektgruppen diskuterade gemensamt resultaten med utgångspunkt i sammanfattningarna och läsningen av studierna. Data- och resultatextraktionen tjänade också som grund för en kartläggning där utvalda egenskaper hos de enskilda studierna beskrivs på ett samlat sätt.

## 7.7 Sammanställning av resultat och slutsatser

Målet med en systematisk översikt är att bringa samman forskningsresultat från flera studier till helheter, det vill säga att skapa synteser. Tillvägagångssätten kan variera bland annat beroende på översiktens frågor och vilken typ av forskning som ingår. När översikten ställs samman bör man ta hänsyn till de behov som finns hos översiktens målgrupper så att resultaten blir användbara för dem.

Syntesarbetet i den här översikten har inspirerats av det som kan kallas för en konfigurativ logik. Att konfigurera forskningsresultat kan sägas handla om att försöka ordna och länka samman dessa i syfte att åskådliggöra olika aspekter av en företeelse. Den konfigurativa logiken har som ambition att arrangera och kombinera de ingående studiernas resultat och bidra med ny kunskap om vad dessa säger sammantaget [74], [75], [76].

### 7.7.1 Utgångspunkter och konfigurering av studiernas forskningsresultat

Precis som inom primärforskning förekommer det i systematiska översikter att det görs en distinktion mellan kvantitativ respektive kvalitativ forskning. Benämningarna är dock ofta

inte särskilt informativa eftersom uppdelningen kan syfta på många olika saker. Uppdelningen mellan kvantitativ och kvalitativ kan exempelvis handla om olikheter i den information/data som skapas, analysmetoder som används, kunskapsintressen som forskare hyser eller kunskapsanspråk som är rimliga att göra i relation till hur forskningen är genomförd. I termer av de egenskaper som empirisk forskning söker kunskap om kan den information som ligger till grund för resultaten vara såväl antingen kvantitativ eller kvalitativ som både kvantitativ och kvalitativ [74], [77], [78], [79], [80].<sup>18</sup>

För att kunna svara på översiktens frågeställning har vi betraktat det som en tillgång att kombinera resultat från studier som undersöker området med olika metoder och ur olika aspekter. Vi har därför strävat efter att identifiera och ta med studier av olika karaktär och med olika studiedesign. Flera av de studier som ingår i översikten använder både kvantitativ och kvalitativ information som underlag för sina resultat och slutsatser.

Underlag av kvantitativ karaktär som ingår i översikten är till exempel beräkningar eller bedömningar av elevers prestationer eller beteenden i relation till laborationsundervisningen. Exempel på vad forskarna har mätt kan vara antal poäng som olika elevgrupper i medeltal erhållit på kunskaps- eller förmågetester eller genomsnittligt antal utsagor av viss sort som elever har bedömts göra i samband med olika undervisningsupplägg.

Underlag av kvalitativ karaktär som ingår i översikten kan vara beskrivningar och tolkningar av elevers och lärares handlingar samt upplevelser och uppfattningar i samband med laborationsundervisningen. Syftet med denna typ av studier kan vara att begreppsliggöra en företeelse i termer av vad som händer i undervisningen och hur de som deltar upplever eller uppfattar den. Den information som skapas härrör till exempel från observationer av samspelet mellan elever samt mellan elever och lärare, intervjuer med de som har deltagit och analyser av dokument som har skapats i samband med undervisningen.

### *Att integrera och skapa synteser av forskningsresultat från studier av olika karaktär*

Att söka kombinera och integrera forskningsresultat av olika karaktär har under senare år rönt stort intresse inom metodutveckling för forskningssammanställning, se till exempel Gough och kollegor [74] och Pearson och kollegor [81]. Denna metodutveckling har fått kraft inte minst i kölvattnet av en tilltagande förståelse för hur olika typer av forskningsansatser och forskningsresultat kan ge en mer mångfasetterad bild av vad forskningen bidrar med, för exempel inom utbildningsvetenskap se Joyce [82] och William [83].

För syntesarbetet i denna översikt har vi sökt inspiration från både vad som kan benämnas ramverkssyntes (framework synthesis) och tematisk syntes (thematic synthesis) [74], [76]. I ramverkssyntesen arrangeras forskningsresultaten från enskilda studier i en i förväg bestämd resultatstruktur. Strukturen kan sedan utvecklas beroende på vilka resultat som identifieras under syntesarbetet. Ramverkssyntesen kan därigenom vara teoriutvecklande på så sätt att den systematiska översikten kan utmynna i förslag till hur de befintliga ramverk som väljs kan förändras eller förfinas. Tematisk syntes innebär att i en stegvis process identifiera,

<sup>18</sup> Kvantitativa data avser numerisk information såsom antal och storlek medan kvalitativa data avser information om företeelsers beskaffenhet, under vilka begrepp företeelser faller.

arrangera och länka samman enskilda forskningsresultat med hjälp av teman. Inledningsvis organiseras vanligen forskningsresultaten i mer övergripande och beskrivande teman för att, allteftersom tolkningsarbetet fortskrider, arrangeras om eller differentieras i mer analytiska underteman. Den tematiska syntesen utgår även den ofta från ett översiktligt ramverk, men till skillnad från ramverkssyntesen är detta ramverk vanligen i lägre grad utvecklat på förhand. Såväl ramverkssyntes som tematisk syntes har föreslagits som metoder som kan möjliggöra att bringa samman resultat från studier av olika karaktär och med olika studiedesign [74], [76].

Översiktens övergripande fråga har tjänat som en första utgångspunkt för att strukturera resultaten. Därutöver har vi tagit utgångspunkt i tre ramverk. Det första ramverket delar upp naturvetenskapsundervisningen i målområden, det vill säga i övergripande kategorier av kunskaper, färdigheter och förmågor som eleverna förväntas utveckla genom undervisningen [6]. Det andra ramverket delar upp den naturvetenskapliga undersökningen i undersökningsområden, det vill säga i ett antal centrala komponenter som kan sägas karakterisera en systematisk naturvetenskaplig undersökning. Här har vi begränsat oss till de undersökningsområden som vi bedömer tydligast går att utläsa av de svenska kurs- och ämnesplanerna [10], [11]. Det tredje ramverket vi har valt erbjuder en uppdelning av laborationsundervisningen utifrån hur mycket och på vilket sätt läraren ger eleverna valmöjligheter och eget ansvar för sina undersökningar. I detta ramverk fördelar sig undervisningsuppläggen på en skala från det att elever får tydliga instruktioner om precis hur de ska göra till det att eleverna ges eget ansvar för vad de kan behöva göra och på vilket sätt [25].

### Skogsdiagram som hjälp vid analys av kvantifierade jämförelser

När det gäller forskningsresultat som bygger på kvantitativ, numerisk, information har vi som ett led i våra analyser gjort effektberäkningar och skapat så kallade skogsdiagram, se bilaga 3. I skogsdiagram åskådliggörs eventuella effekter, det vill säga skillnader i medelvärden mellan två elevgrupper i något avseende. I diagrammen visas uppmätta skillnaders riktning, storlek och variation. Syftet med att ta fram skogsdiagram har varit att erhålla standardiserade skattningar av uppmätta skillnader och därmed få tydligare och jämförbar information om resultaten. Det har inte varit vår mening att ompröva forskarnas analyser eller slutsatser.

En förutsättning för att kunna skapa skogsdiagram är att minst två grupper i något avseende jämförs. De värden som vi har använt i diagrammen är rapporterade resultat i form av medelvärden och standardavvikelse med avseende på de bedömningar som har gjorts i de ingående studierna. Det ska noteras att det i översikten även ingår forskningsresultat som bygger på numerisk information, men där denna presenterats på ett sätt som gör att vi inte har kunnat använda dem i skogsdiagram. Dessa resultat har vi fått analysera på annat sätt.

### 7.7.2 Tillvägagångssätt för analyserna och synteserna

I arbetet med att sammanställa resultaten från studierna har vi genomfört analyser i flera steg. Utifrån de valda ramverken listade vi först de studier som bedömdes bidra med kunskap om någon aspekt av laborationsundervisning. I ett andra steg sammanfattade vi forskningsresul-

taten med bäring på varje specifik aspekt. Eftersom flera av studierna som ingår i översikten berör fler än en aspekt kan en och samma studie utgöra underlag för resultat med avseende på flera aspekter.

Varje studie redovisar forskningsresultat som har tolkats av de forskare som har genomfört studierna. Dessa tolkningar är att likställa med det forskarna har kunnat utläsa utifrån exempelvis mätningar, iakttagelser eller svar på frågor till elever och lärare om deras upplevelser och uppfattningar i samband med laborationsaktiviteter. Det kan också handla om slutsatser som forskarna har dragit baserat på ett material bestående av enkätsvar eller av elevers resultat på kunskaps- eller förmågetester.

I ett tredje steg har vi försökt finna mönster genom att analysera underlaget inom ramverkens olika områden på ett samlat sätt. I detta steg har vi haft fokus på att söka efter kopplingar mellan enskilda forskningsresultat för att på så sätt kunna identifiera så kallade syntesresultat. Syntesresultat är således resultatet av våra tolkningar, vilka framkommer genom att enskilda forskningsresultat relateras till, och länkas samman med, varandra. Det ska noteras att syntesresultat kan formuleras på olika abstraktionsnivåer, bland annat beroende på vilken grad av tolkning man gör. Syntesresultat på en lägre abstraktionsnivå kan ligga relativt nära individuella forskningsresultat och formuleras med begrepp som hämtas direkt från studierna, medan syntesresultat på en högre abstraktionsnivå kan kräva att man behöver använda andra begrepp.

Analyserna i det tredje steget har projektgruppen genomfört på ett iterativt sätt, det vill säga genom att upprepade gånger och på ett cykliskt sätt betrakta forskningsresultaten i relation till i vilken utsträckning de bedöms kunna bidra med kunskap inom ramverkens olika områden. För att identifiera framträdande mönster och syntesresultat genomförde vi analysmöten växelvis med omläsningar av studierna. Syftet med mötena var att pröva, och vid behov revidera, förslag till syntesresultat genom att skapa ytterligare abstraktioner eller göra omformuleringar för att åstadkomma nyanseringar och förtydliganden. Vi läste om studierna för att stämma av de föreslagna syntesresultatens trohet mot underlaget. Processen upprepades tills projektgruppen kunde enas om vilka syntesresultat som är trovärdiga och i harmoni med de forskningsresultat de bygger på.

### 7.7.3 Värdering av syntesresultat

För att värdera föreslagna syntesresultats trohet mot underlaget har projektgruppen funnit vägledning i metodstödet *The Confidence in the Evidence from Reviews of Qualitative Research (CERQual)* av Lewin och kollegor [84]. I CERQual föreslås att man kan bedöma syntesresultat<sup>19</sup> utifrån underlagets beskaffenhet avseende de fyra områdena: metodbrister, relevans för översiktens frågor, koherens och om underlaget sammantaget erbjuder tillräckligt med data.

Vårt arbetssätt kan beskrivas som ett öppet förfarande där projektgruppen gemensamt har prövat och omprövat syntesresultat utifrån trovärdighet och trohet mot det vetenskapliga

---

19 Review finding i original.

underlaget. Under hela processen har översiktens frågeställning varit vägledande i sammanställningen av de enskilda studierna. Sammanfattningsvis har vi i arbetet med sammanställningen tagit hänsyn till att syntesresultaten ska

- härröra från studier vilkas undersöknings- och analysmetoder sammantaget bedöms vara godtagbara i relation till dessa syntesresultat
- stämma överens med de enskilda forskningsresultaten i relation till översiktens frågeställning och sammanhang
- ha en i stort sett entydig och motsägelsefri förankring hos de enskilda forskningsresultaten
- sammantaget grundas på ett tillräckligt rikt material.



# Referenser

- [1] National Research Council, *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press, 2012.
- [2] S. O. Hansson, *Konsten att vara vetenskaplig*. Stockholm: Institutionen för filosofi och teknikhistoria, KTH, 2007.
- [3] S. Okasha, *Philosophy of Science: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2002.
- [4] M. Angelin, J. Gyllenpalm, P.-O. Wickman, Å. Forslin Aronsson, & K. Bergmark. *Från receptlaboration till naturvetenskapliga arbetssätt. Naturvetenskap – Gymnasieskola. Modul: Naturvetenskapens karaktär och arbetssätt. Del 1: Från receptlaboration till naturvetenskapligt arbetssätt*. Tillgänglig: [https://larportalen.skolverket.se/#/modul/2-natur/Gymnasieskola/509-Naturvetenskapens-karakter-arbetssatt/del\\_01/](https://larportalen.skolverket.se/#/modul/2-natur/Gymnasieskola/509-Naturvetenskapens-karakter-arbetssatt/del_01/), 2017.
- [5] M. Ekborg. *Att genomföra systematiska undersökningar – förmåga 2. Naturvetenskap och teknik – Grundskola åk 7-9 Modul: Förmåga att genomföra systematiska undersökningar Del 1: Om förmåga 2*. Tillgänglig: [https://larportalen.skolverket.se/#/modul/2-natur/Grundskola/506-Formaga-undersokningar-arskurs\\_7-9/del\\_01/](https://larportalen.skolverket.se/#/modul/2-natur/Grundskola/506-Formaga-undersokningar-arskurs_7-9/del_01/), 2016.
- [6] D. Hodson, "Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods", *International Journal of Science Education*, vol. 36, nr 15, s. 2534–2553, 2014.
- [7] Skolverket, *Kommentarmaterial till kursplanen i kemi. Reviderad 2017*. Stockholm: Skolverket, 2017.
- [8] P.-O. Wickman & H. Persson, *Naturvetenskap och naturorienterande ämnen i grundskolan – en ämnesdidaktisk vägledning*. Stockholm: Liber, 2015.
- [9] D. Hodson, "Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion", *Journal of Curriculum Studies*, vol. 28, nr 2, s. 115–135, 1996.
- [10] Skolverket, *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet. Reviderad 2019*. Stockholm: Skolverket, 2019.
- [11] Skolverket. *Läroplan, program och ämnen i gymnasieskolan*. Tillgänglig: <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan>, 2019.
- [12] Skolinspektionen, *Fysik utan dragningskraft: En kvalitetsgranskning om lusten att lära fysik i grundskolan. Rapport 2010:8*. Stockholm: Skolinspektionen, 2010.
- [13] Skolinspektionen, *Tematisk analys: Undervisning i NO-ämnena. Att göra naturvetenskapen synlig och relevant för varje elev*, 2017.
- [14] J. Lederman, N. Lederman, S. Bartels, & J. Jimenez, "An international collaborative



- investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline", *Journal of Research in Science Teaching*, s. 1–30, 2019.
- [15] A. Hofstein & R. Mamlok-Naaman, "The laboratory in science education: the state of the art", *Chemical Education Research and Practice*, vol. 8, nr 2, s. 105–107, 2007.
- [16] P. Högström, *Laborativt arbete i grundskolans senare år – lärares mål och hur de implementeras*. Umeå: Institutionen för matematik, teknik och naturvetenskap. Umeå universitet, 2009.
- [17] G. Puttick, B. Drayton, & E. D. Cohen, "A Study of the Literature on Lab-Based Instruction in Biology", *The American Biology Teacher*, vol. 77, nr 1, s. 12–18, 2015.
- [18] A.-M. Johansson & P.-O. Wickman, "Vad ska elever lära sig angående naturvetenskaplig verksamhet? - En analys av svenska läroplaner för grundskolan under 50 år", *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, vol. 8, nr 3, s. 197–212, 2012.
- [19] J. Gyllenpalm, P.-O. Wickman, M. Angelin, D. Dufåker, R. Fors, P. Stammaing, K. Bergmark, & Å. Forslin Aronsson. *Handledarguide för naturvetenskapens karaktär och arbetssätt. Naturvetenskap – Gymnasieskola. Modul: Naturvetenskapens karaktär och arbetssätt*. Tillgänglig: <https://larportalen.skolverket.se/#/modul/2-natur/Gymnasieskola/509-Naturvetenskapens-karakter-arbetsatt>, 2017.
- [20] F. Abd-El-Khalick, "Nature of science in science education: Toward a coherent framework for synergistic research and development." i *Second International Handbook of Science Education*, B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie, red. New York: Springer, 2012, s. 1041–1060.
- [21] T. S. Hancock, P. J. Friedrichsen, A. T. Kinslow, & T. D. Sadler, "Selecting Socio-scientific Issues for Teaching: A Grounded Theory Study of How Science Teachers Collaboratively Design SSI-Based Curricula", *Science & Education*, vol. 28, s. 639–667, 2019.
- [22] D. A. Roberts & R. W. Bybee, "Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education," i *Handbook of Research on Science Education, Volume II*, N. G. Lederman & S. K. Abell, red. New York: Routledge, 2014, s. 545–558.
- [23] Skolverket, Ämnesproven i biologi, fysik och kemi i årskurs 9. *En redovisning av utvärderingsomgången 2009*. Stockholm: Skolverket, 2010.
- [24] I. Abrahams & M. J. Reiss, "Practical Work: Its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 49, nr 8, s. 1035–1055, 2012.
- [25] H. Banchi & R. Bell, "The many levels of inquiry", *Science and Children*, vol. 46, nr 2, s. 26–29, 2008.
- [26] M. Dobber, R. Zwart, M. Tanis, & B. van Oers, "Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education", *Educational Research Review*, vol. 22, s. 194–214, 2017.
- [27] A. W. Lazonder & R. Harmsen, "Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance", *Review of Educational Research*, vol. 86, nr 3, s. 681–718, 2016.
- [28] M. Angelin, J. Gyllenpalm, & P.-O. Wickman. *Didaktiska modeller. Naturvetenskap*

– Gymnasieskola. Modul: Naturvetenskapens karaktär och arbetssätt. Del 2: Experimentet som naturvetenskapligt arbetssätt. Tillgänglig: [https://larportalen.skolverket.se/#/modul/2-natur/Gymnasieskola/509-Naturvetenskapens-karakter-arbetsatt/del\\_02/](https://larportalen.skolverket.se/#/modul/2-natur/Gymnasieskola/509-Naturvetenskapens-karakter-arbetsatt/del_02/), 2017.

- [29] I. Abrahams & R. Millar, "Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science", *International Journal of Science Education*, vol. 30, nr 14, s. 1945–1969, 2008.
- [30] M. R. Blanchard, S. A. Southerland, J. W. Osborne, V. D. Sampson, L. A. Annetta, & E. M. Granger, "Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction", *Science Education*, vol. 94, nr 4, s. 577–616, 2010.
- [31] P. Seda Cetin, G. Eymur, S. A. Southerland, J. Walker, & K. Whittington, "Exploring the effectiveness of engagement in a broad range of disciplinary practices on learning of Turkish high-school chemistry students", *International Journal of Science Education*, vol. 40, nr 5, s. 473–497, 2018.
- [32] S. C. Cheng, H. C. She, & L. Y. Huang, "The Impact of Problem-Solving Instruction on Middle School Students' Physical Science Learning: Interplays of Knowledge, Reasoning, and Problem Solving", *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 14, nr 3, s. 731–743, 2018.
- [33] M. P. Freedman, "Relationship among Laboratory Instruction, Attitude toward Science, and Achievement in Science Knowledge", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 34, nr 4, s. 343–357, 1997.
- [34] B. Hand, C. W. Wallace, & E.-M. Yang, "Using a Science Writing Heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: quantitative and qualitative aspects", *International Journal of Science Education*, vol. 26, nr 2, s. 131–149, 2004.
- [35] R. Lazarowitz & R. Naim, "Learning the Cell Structures with Three-Dimensional Models: Students' Achievement by Methods, Type of School and Questions' Cognitive Level", *Journal of Science Education and Technology*, vol. 22, nr 4, s. 500–508, 2014.
- [36] F. Schmidt-Borcherding, M. Hänze, R. Wodzinski, & K. Rincke, "Inquiring scaffolds in laboratory tasks: an instance of a "worked laboratory guide effect"?", *European Journal of Psychology of Education*, vol. 28, nr 4, s. 1381–1395, 2013.
- [37] M. Schwichow, C. Zimmerman, S. Croker, & H. Härtig, "What Students Learn from Hands-On Activities", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 53, nr 7, s. 980–1002, 2016.
- [38] S. J. Wolf & B. J. Fraser, "Learning Environment, Attitudes and Achievement among Middle-school Science Students Using Inquiry-based Laboratory Activities", *Research in Science Education*, vol. 38, nr 3, s. 321–341, 2008.
- [39] P. Högström, C. Ottander, & S. Benckert, "Lab Work and Learning in Secondary School Chemistry: The Importance of Teacher and Student Interaction", *Research in*

- Science Education*, vol. 40, nr 4, s. 505–523, 2010.
- [40] N. Ding & E. G. Harskamp, "Collaboration and Peer Tutoring in Chemistry Laboratory Education", *International Journal of Science Education*, vol. 33, nr 6, s. 839–863, 2011.
- [41] K. M. Hamza & P.-O. Wickman, "Student Engagement with Artefacts and Scientific Ideas in a Laboratory and a Concept-Mapping Activity", *International Journal of Science Education*, vol. 35, nr 13, s. 2254–2277, 2013.
- [42] G. W. Hodges, L. L. Wang, J. Lee, A. Cohen, & Y. Jang, "An exploratory study of blending the virtual world and the laboratory experience in secondary chemistry classrooms", *Computers & Education*, vol. 122, s. 179–193, 2018.
- [43] B. A. Sesen & L. Tarhan, "Inquiry-Based Laboratory Activities in Electrochemistry: High School Students' Achievements and Attitudes", *Research in Science Education*, vol. 43, nr 1, s. 413–435, 2013.
- [44] A. M. Strimaitis, S. A. Southerland, V. Sampson, P. Enderle, & J. Grooms, "Promoting Equitable Biology Lab Instruction by Engaging All Students in a Broad Range of Science Practices: An Exploratory Study", *School Science and Mathematics*, vol. 117, nr 3, s. 92–103, 2017.
- [45] G. Gyllenpalm, *Teachers' language of inquiry: The conflation between methods of teaching and scientific inquiry in science education*. Stockholm: Department of Mathematics and Science Education. Stockholms universitet, 2010.
- [46] A. F. Chalmers, *What is this thing called science?*, tredje utg. Indianapolis/Cambridge: Hackett Publishing Company, Inc, 1999.
- [47] L.-G. Johansson, *Introduktion till vetenskapsteorin*, tredje utg. Stockholm: Thales, 1999.
- [48] C. Chin & G. Kayalvizhi, "Posing Problems for Open Investigations: What questions do pupils ask?", *Research in Science & Technological Education*, vol. 20, nr 2, s. 269–287, 2002.
- [49] M. Garcia-Mila, C. Andersen, & N. E. Rojo, "Elementary Students' Laboratory Record Keeping During Scientific Inquiry", *International Journal of Science Education*, vol. 33, nr 7, s. 915–942, 2011.
- [50] Z. Kanari & R. Millar, "Reasoning from Data: How Students Collect and Interpret Data in Science Investigations", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 41, nr 7, s. 748–769, 2004.
- [51] J. C. Arnold, K. Kremer, & J. Mayer, "Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks?", *International Journal of Science Education*, vol. 36, nr 16, s. 2719–2749, 2014.
- [52] A. Hofstein, O. Navon, M. Kipnis, & R. Mamlok-Naaman, "Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 42, nr 7, s. 791–806, 2005.
- [53] A. Hofstein, R. Shore, & M. Kipnis, "Providing High School Chemistry Students with Opportunities to Develop Learning Skills in an Inquiry-Type Laboratory: A

- Case Study. Research Report”, *International Journal of Science Education*, vol. 26, nr 1, s. 47–62, 2004.
- [54] M. Kipnis & A. Hofstein, ”The Inquiry Laboratory as a Source for Development of Metacognitive Skills”, *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 6, nr 3, s. 601–627, 2008.
- [55] G. Carter, S. L. Westbrook, & C. D. Thompkins, ”Examining Science Tools as Mediators of Students’ Learning about Circuits”, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 36, nr 1, s. 89–105, 1999.
- [56] H. M. Fadzil & R. M. Saat, ”Exploring Students’ Acquisition of Manipulative Skills during Science Practical Work”, *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 13, nr 8, s. 4591–4607, 2017.
- [57] C. Y. Haslam & R. J. Hamilton, ”Investigating the Use of Integrated Instructions to Reduce the Cognitive Load Associated with Doing Practical Work in Secondary School Science”, *International Journal of Science Education*, vol. 32, nr 13, s. 1715–1737, 2010.
- [58] M. Lundin & M. G. Lindahl, ”Negotiating the relevance of laboratory work: Safety, procedures and accuracy brought to the fore in science education”, *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, vol. 10, nr 1, 2014.
- [59] P. M. Kind, V. Kind, A. Hofstein, & J. Wilson, ”Peer Argumentation in the School Science Laboratory—Exploring Effects of Task Features”, *International Journal of Science Education*, vol. 33, nr 18, s. 2527–2558, 2011.
- [60] J. Andersson & M. Enghag, ”The relation between students’ communicative moves during laboratory work in physics and outcomes of their actions”, *International Journal of Science Education*, vol. 39, nr 2, s. 158–180, 2017.
- [61] N. I. Marcum-Dietrich & D. J. Ford, ”The Place for the Computer Is in the Laboratory: An Investigation of the Effect of Computer Probeware on Student Learning”, *Journal of Computers in Mathematics & Science Teaching*, vol. 21, nr 4, s. 361–379, 2002.
- [62] C. J. McRobbie & G. P. Thomas, ”Epistemological and Contextual Issues in the Use of Microcomputer-Based Laboratories in a Year 11 Chemistry Classroom”, *Journal of Computers in Mathematics & Science Teaching*, vol. 19, nr 2, s. 137–160, 2000.
- [63] M. Munn, R. Knuth, K. Van Horne, A. W. Shouse, & S. Levias, ”How Do You Like Your Science, Wet or Dry? How Two Lab Experiences Influence Student Understanding of Science Concepts and Perceptions of Authentic Scientific Practice”, *CBE - Life Sciences Education*, vol. 16, nr 2, s. 1–16, 2017.
- [64] N. Mercer, *The guided construction of knowledge: Talk amongst teachers and learners*. Clevedon: Multilingual Matters, 1995.
- [65] M. Allen, ”Theory-led confirmation bias and experimental persona”, *Research in Science & Technological Education*, vol. 29, nr 1, s. 107–127, 2011.
- [66] R. Toplis, ”Evaluating Science Investigations at Ages 14–16: Dealing with anomalous results”, *International Journal of Science Education*, vol. 29, nr 2, s. 127–150, 2007.

- [67] D. Katchevich, A. Hofstein, & R. Mamlok-Naaman, "Argumentation in the Chemistry Laboratory: Inquiry and Confirmatory Experiments", *Research in Science Education*, vol. 43, nr 1, s. 317–345, 2013.
- [68] D. Peker & C. S. Wallace, "Characterizing High School Students' Written Explanations in Biology Laboratories", *Research in Science Education*, vol. 41, nr 2, s. 169–191, 2011.
- [69] W.-M. Roth, C. J. McRobbie, K. B. Lucas, & S. Boutonné, "The Local Production of Order in Traditional Science Laboratories: A Phenomenological Analysis", *Learning and Instruction*, vol. 7, nr 2, s. 107–136, 1997.
- [70] A.-L. Tan, "Tensions in the Biology Laboratory: What are they?", *International Journal of Science Education*, vol. 30, nr 12, s. 1661–1676, 2008.
- [71] *Skollagen (2010:800): med lagen om införande av skollagen (2010:801)*. Stockholm: Norstedts juridik, 2018.
- [72] B. Frändberg & M. Hagman, *Med fokus på naturorienterande ämnen. En analys av samstämmighet mellan svenska styrdokument i NO och de internationella studierna TIMSS 2015 och PISA 2015*. Stockholm: Skolverket, 2017.
- [73] National Research Council, *National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press, 1996.
- [74] D. Gough, S. Oliver, & J. Thomas, *An introduction to systematic reviews*. Los Angeles: SAGE, 2017.
- [75] M. Saini & A. Shlonsky, *Systematic synthesis of qualitative research*. New York, NY: Oxford University Press, 2012.
- [76] J. Thomas & A. Harden, "Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews", *BMC Medical Research Methodology*, vol. 8, nr 45, 2008.
- [77] P. Aspers & U. Corte, "What is Qualitative in Qualitative Research", *Qualitative Sociology*, vol. 42, s. 139–160, 2019.
- [78] S. Larsson, "Om kvaliteten i kvalitativa studier", *Nordisk Pedagogik*, vol. 25, nr 1, s. 16–35, 2005.
- [79] R. Åsberg, "Det finns inga kvalitativa metoder – och inga kvantitativa heller för den delen. Det kvalitativa-kvantitativa argumentets missvisande retorik", *Pedagogisk Forskning i Sverige*, vol. 6, nr 4, s. 270–292, 2001.
- [80] P. C. Taylor, "Contemporary Qualitative Research," i *Handbook of Research on Science Education, Volume II*, N. G. Lederman & S. K. Abell, red. New York: Routledge, s. 38–54, 2014.
- [81] A. Pearson, H. White, F. Bath-Hextall, S. Salmond, J. Apostolo, & P. Kirkpatrick, "A mixed-methods approach to systematic reviews", *International Journal of Evidence Based Healthcare*, vol. 13, nr 4, s. 121–131, 2015.
- [82] K. E. Joyce, "The key role of representativeness in evidence-based education", *Educational Research and Evaluation*, vol. 25, nr 1–2, s. 43–62, 2019.
- [83] D. Wiliam, "Some reflections on the role of evidence in improving education", *Educational Research and Evaluation*, vol. 25, nr 1–2, s. 127–139, 2019.

- [84] S. Lewin, C. Glenton, H. Munthe-Kaas, B. Carlsen, C. J. Colvin, M. Gülmezoglu, J. Noyes, A. Booth, R. Garside, & A. Rashidian, "Using Qualitative Evidence in Decision Making for Health and Social Interventions: An Approach to Assess Confidence in Findings from Qualitative Evidence Syntheses (GRADE-CERQual)", *PLoS medicine*, vol. 12, nr 10, 2015.

# Tidigare utgivning

*Klassrumsdialog i matematikundervisningen – matematiska samtal i helklass i grundskolan.* Systematisk översikt 2017:01. Solna: Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984382-6-0.

*Digitala lärresurser i matematikundervisningen. Delrapport skola.* Systematisk översikt 2017:02. Solna: Skolforskningsinstitutet. ISBN:978-91-984382-8-4.

*Digitala lärresurser i matematikundervisningen. Delrapport förskola.* Systematisk översikt 2017:02. Solna: Skolforskningsinstitutet. ISBN:978-91-984382-9-1.

*Feedback i skrivundervisningen.* Systematisk översikt 2018:01. Solna: Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984382-2-1.

*Språk- och kunskapsutvecklande undervisning i det flerspråkiga klassrummet – med fokus naturvetenskap.* Systematisk översikt 2018:02. Solna: Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984383-4-5.

*Att genom lek stödja och stimulera barns sociala förmågor – undervisning i förskolan.* Systematisk översikt 2019:01. Solna: Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984383-6-9.

*Läsförståelse och undervisning om lässtrategier.* Systematisk översikt 2019:02. Solna: Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984383-8-3.

*Individanpassad vuxenutbildning – med fokus på digitala verktyg.* Systematisk översikt 2019:03. Solna: Skolforskningsinstitutet. ISBN 978-91-985316-0-2.