

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 integrera 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. Lärarens 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 utökad 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 for-

mulera 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 undersökningbara 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 lärarens 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 skolämnena 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.