

Virtuella laborationer eller fysiska?

Gunnar Höst

Linköpings universitet och NATDID

Virtuella laborationer gör det möjligt för elever att labba utan att vara i en laborationssal. Men hur står sig digitala laborationer mot fysiska laborationer? Allt mer forskning undersöker detta, och resultaten visar att det är viktigt för lärare att ha tänkt igenom målet med laborationen för att kunna bedöma om en virtuell eller en fysisk laboration är lämplig.

Inledning

Digitaliseringen av skolan har lett till ett större utbud av virtuella laborationer, alltså laborationer som sker digitalt via en skärm snarare än fysiskt i en laborationssal. Laborationer är en viktig aktivitet när elever lär sig naturvetenskap, och kan ha många olika möjliga mål oavsett om de sker virtuellt eller fysiskt. I en systematisk översikt från Skolforskningsinstitutet [1] över forskning om laborationer i naturvetenskaplig undervisning på högstadiet och gymnasiet utgår författarna till exempel från fyra olika mål med laborationer. Ett sådant mål är att elever ska förstå naturvetenskapliga begrepp, samband och modeller. Ett annat mål med laborationer är att elever ska lära sig utföra systematiska undersökningar, medan ett tredje mål är att lära sig om naturvetenskapernas karaktär. Det fjärde målet är att lära sig om samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll. I och med att det är svårt att uppnå alla mål på en gång blir det viktigt att läraren har en klar bild av målet med en laboration [1].

Att ersätta fysiska laborationer med virtuella kan vara en lösning när undervisning sker online [2]. Det kan även finnas flera andra fördelar med virtuella laborationer. Bland annat kan det öka flexibiliteten, och göra undersökningarna mer tidseffektiva [3]. Det går också att göra experiment som skulle föra med sig stora risker eller vara dyra som fysisk laboration. Virtuella laborationer kan även visa abstrakta och osynliga fenomen på ett tydligare sätt än fysiska laborationer [4]. I den här texten använder jag begreppet virtuella laborationer för att beskriva olika typer av digitala laborationer. Dels simulerade laboratoriemiljöer, där elever får interagera med en virtuell miljö som liknar ett "riktigt" laboratorium, dels rena datorsimuleringar, där elever får göra systematiska undersökningar med en simulering som kanske inte ser ut som ett laboratorium.

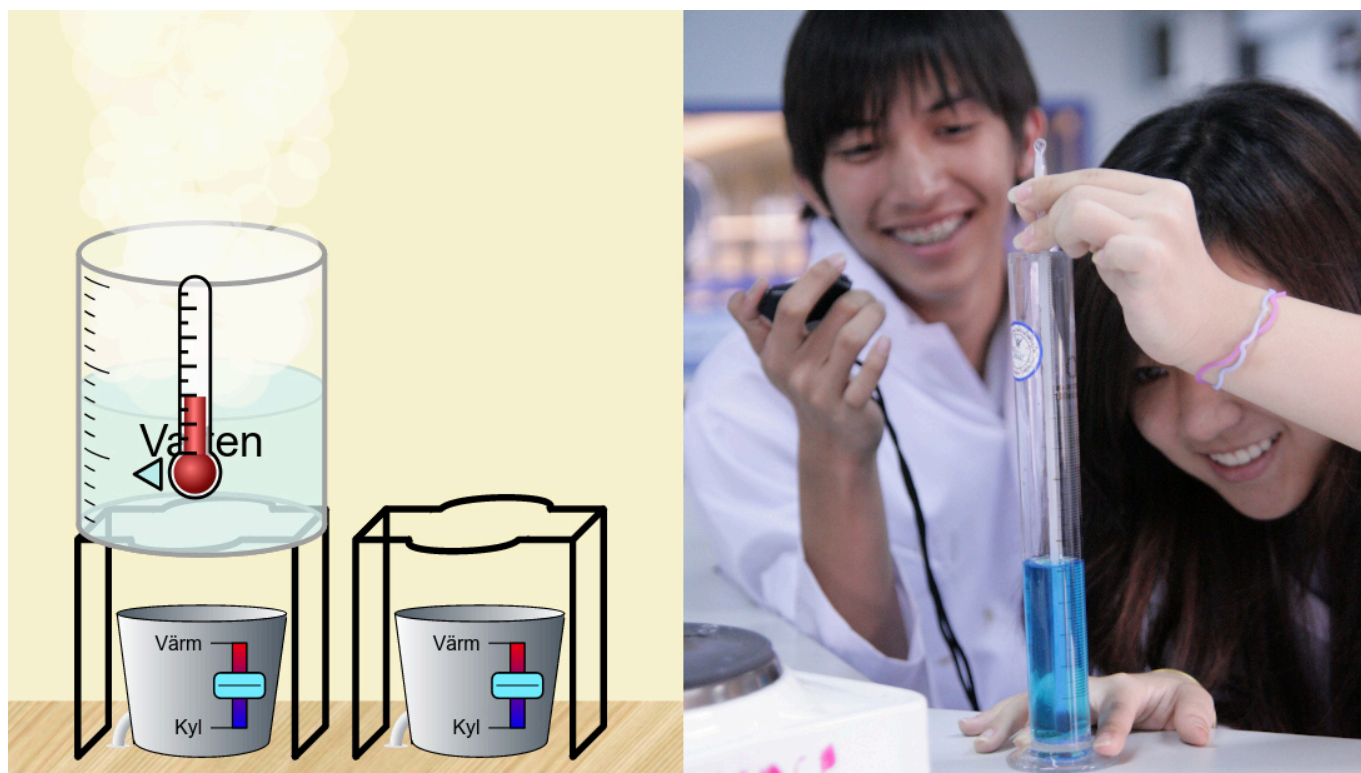
En fråga som kan komma upp är hur elevers lärande påverkas av att de inte gör laborationen "på riktigt". Blir det samma sak? Flera vetenskapliga artiklar har kommit ut under senare år där forskare jämför vad som händer när elever gör en laboration virtuellt respektive fysiskt. Den systematiska översikten från Skolforskningsinstitutet [1] är dock avgränsad till forskning om traditionella fysiska laborationer eller studier där digitala verktyg har varit komplement till fysiska laborationer. Syftet med denna text är därför att visa några exempel på resultat från studier med direkta jämförelser mellan virtuella och fysiska laborationer i skolans naturvetenskap. Urvalet är internationellt och består av fyra artiklar från de senaste fyra åren. Studierna i artiklarna täcker in åldrar från årskurs 6 till 9. Tillsammans ger studierna en bild av hur olika former av laborationer kan påverka såväl elevers lärande och attityder inom naturvetenskap som själva lärandeprocessen under det laborativa arbetets gång.

Lika bra lärande med virtuella och fysiska laborationer

Det har genom åren publicerats en mängd studier som jämför virtuella och fysiska laborationer, och det kommer hela tiden nya studier. En översikt av Brinson [5] från 2015 baseras till exempel på 56 artiklar mellan 2005 och 2014. I översiktsartikeln skiljde forskaren på studier som fokuserade olika

typer av lärande. Dessa var kunskap om begrepp, förmåga till undersökande arbete, praktiska färdigheter, attityder och intresse kring vetenskap, analytiska förmågor, samt kommunikativa förmågor.

En majoritet av studierna i översiktsartikeln visade att elever lär sig lika mycket eller mer av virtuella laborationer och laborationer på distans jämfört med motsvarande fysiska laboration (Figur 1). Detta gällde oavsett vilken typ av lärande som studierna undersökte. Intressant nog visade analysen även att en majoritet av de studier som undersökt praktiska färdigheter kom fram till att elever lärde sig mer med en virtuell laboration än en fysisk. Exempel på praktiska övningar var att bygga och testa en elektrisk krets eller att sätta upp en elektrokemisk cell [5].



Figur 1. Många studier som jämför virtuella och fysiska laborationer visar att elever lär sig lika bra med båda formaten [5]. (Bilder: Vänster - PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, <https://phet.colorado.edu> Phet. Höger - Wikimedia commons, användare Masvingochick.)

Kombination av laborationsformat kan ge fördelar

I sin översikt skriver Brinson att mycket forskning tyder på att det kan vara bra att göra både fysiska och virtuella laborationer [5]. Tanken här är att båda formaten har positiva aspekter, och att det därför kan vara bättre för elever att få göra både och istället för bara en av dem. Spelar det då någon roll i vilken ordning som elever laborerar fysiskt respektive virtuellt? För att ta reda på mer om det lät Kapici med kollegor 143 elever i årskurs 7 i en skola i Turkiet göra tre laborationer [6]. Vissa elever fick göra alla laborationerna fysiskt, andra fick göra alla virtuellt, medan två ytterligare grupper fick växla mellan virtuella och fysiska laborationer i olika ordning (antingen virtuell-fysisk-virtuell eller fysisk-virtuell-fysisk). Laborationerna var en del av ett undervisningsområde om elektricitet.

Resultatet ger delvis stöd till tanken om att virtuella och fysiska laborationer ger bättre resultat om elever får göra båda, jämfört med om de bara får laborera i ett format [6]. Däremot kunde forskarna inte se någon skillnad mellan elever som fick göra fysiska och virtuella laborationer i olika ordning. I studien lät forskarna eleverna svara på ett flervalstest och en öppen fråga om

ämnesinnehållet, samt ett test om elevernas kunskaper i undersökande arbete. Genom att jämföra elevernas svar före och efter undervisningsområdet kunde forskarna bedöma om det var skillnad mellan grupperna som gjort olika kombinationer av laborationer.

Jämförelsen mellan att enbart laborera i ett format (virtuellt eller fysiskt) och att göra både fysiska och virtuella laborationer gav inte helt entydiga resultat. Elever som fick göra både virtuella och fysiska laborationer lärde sig visserligen mer än de som bara fick göra virtuella laborationer, men det var ingen skillnad mot de som bara laborerade fysiskt [6]. Det var inte heller någon skillnad mellan elever som enbart gjorde fysiska laborationer och de som enbart gjorde virtuella laborationer. Forskarna drar slutsatsen att om valet står mellan enbart fysiska eller virtuella laborationer så kan virtuella vara ett lika bra alternativ. Inte minst för att det kan ge mindre förberedelser för läraren. Men om det går att variera mellan fysiska och virtuella så är det att föredra.

Datorstödda fysiska laborationer som ett möjligt tredje format

Utöver rena virtuella och fysiska laborationer kan ett tredje alternativ vara att låta elever göra fysiska laborationer med datorstöd. Det kan till exempel handla om att hantera digital mätutrustning med tillhörande datorprogram för datainsamling och analys. Forskare i Slovenien gjorde en studie med 497 elever i årskurs 6 till 9 där de undersökte om det blev några skillnader mellan en traditionell fysisk laboration, en med datorbaserat stöd och digital mätutrustning, och en virtuell laboration med en simulering [7].

Eleverna fick göra tre olika laborationer i biologi, nämligen gasutbyte (skillnad i gassammansättning mellan in- och utandningsluft), jästaktivitet (vilken effekt temperaturen har på produktionen av koldioxid) och hjärtfrekvens (hur pulsen påverkas av fysisk ansträngning). Alla elever fick göra en av laborationerna fysiskt, en fysiskt med datorstöd och en virtuellt. Eleverna fick svara på ett kunskapstest om de tre ämnesområdena före och efter laborationerna. Detta försöksupplägg gjorde att forskarna kunde se dels hur de olika typerna av laboration påverkade resultaten, dels om det var skillnader mellan olika typer av innehåll [7].

Resultatet visade inte på några skillnader överlag i lärande mellan de tre typerna av laborationer. Forskarna såg dock vissa smärre skillnader på en mer detaljerad nivå. Till exempel förbättrade elever sitt resultat för jästaktivitet något mer vid den fysiska laborationen än vid laborationerna med digitala inslag. Skillnaderna var små, men tyder ändå på att olika typer av laborationer kan ge olika resultat beroende på innehållet. Forskarna hittade inte några skillnader mellan olika grupper baserat på ålder, kön och betyg [7].

Eleverna fick även svara på en enkät om vad de tyckte om arbetet med de olika typerna av laboration. Det visade sig att eleverna föredrog datorstödda fysiska laborationer över traditionella laborationer. Allra minst föredrog de virtuella laborationer. Sammantaget landar författarna i att rekommendera datorstödda laborationer. Förutom att eleverna tycks uppskatta dem, menar författarna att sådana laborationer kan stödja utveckling av såväl praktiskt laborativt handlag som digital kompetens [7].

Laborationer kan ge positiv attityd till naturvetenskap

Laborationer i skolan handlar förstås inte bara om att lära sig om begrepp och annat ämnesinnehåll. Ett syfte kan också vara att låta elever känna sig aktiva och delaktiga i naturvetenskapen och därmed få en mer positiv attityd till denna. En viktig fråga när det gäller olika format på laborationer är därför om fysiska och virtuella laborationer skiljer sig åt i hur de påverkar elevers attityder till naturvetenskap.

Detta har Kapici med flera tittat på i en studie [8] genom att jämföra hur elevers svar på ett attitydtest påverkas av olika typer av laborationer. Studien skedde vid samma tillfälle och med samma elever som den studie som presenteras ovan [6]. Den jämför alltså skillnader mellan elever som fick göra tre laborationer som enbart fysiska, enbart virtuella eller som två olika kombinationer av virtuella och fysiska laborationer. Resultatet visar att det inte var några övergripande skillnader mellan grupperna; alla grupperna fick en mer positiv attityd till naturvetenskap överlag.

Testet var uppdelat i tre olika delar som mätte olika delar av attityder till naturvetenskap. De tre delarna handlade om attityder till att lära sig naturvetenskap i skolan och praktiskt arbete i naturvetenskap, samt självbild inom naturvetenskap. När forskarna tittade närmre på hur attityderna hos olika grupper av elever förändrades visade det sig att alla grupperna ökade på de tre delarna av testet, med ett undantag. De elever som enbart fick göra fysiska laborationer hade inte någon statistiskt säkerställd ökning av positiva attityder till praktiskt arbete i naturvetenskap [8].

Forskarna tolkar resultaten som att virtuella laborationer kan fungera lika bra som fysiska när det gäller att stödja elevers utveckling av positiva attityder till naturvetenskap. De påpekar dock att deras studie skedde över en ganska kort tid. Eftersom förändring av attityder kan vara en långsiktig process behövs studier som tar reda på hur attityder påverkas på sikt av arbete med virtuella laborationer [8].

Lärandeprocesser påverkas av laborationens format

Fysiska laborationer kan leda till att elever och lärare ibland behöver ägna mycket tid och energi åt att hantera materialet och att göra de olika stegen i ett försök. Fysiska och virtuella laborationer kan alltså ge upphov till olika typer av processer, med olika fokus för lärandet. Därför är det viktigt att läraren har en bra bild av målet med laborationen. En laboration som är praktiskt komplicerad kan till exempel ge elever mindre möjlighet att reflektera över de fenomen som de ser under laborationen. Detta kan vara ett problem beroende på vad målet med laborationen är.

För att få veta mer om vilka läroprocesser som gynnas av olika typer av laborationer undersökte Puntambekar med kollegor [9] vilka samtal som sker vid virtuella respektive traditionella fysiska laborationer. I studien deltog 115 amerikanska elever från sju olika klasser i årskurs 6. Laborationerna handlade om kraft, potentiell energi och mekanisk fördel för olika typer av lyftanordningar. Mekanisk fördel innebär hur mycket större kraften som lyfter ett objekt är jämfört med den kraft som används för att dra i det rep som är kopplat till lyftanordningen. Uppgifterna var kopplade till en utmaning, nämligen att utforma en lyftanordning baserad på block och talja för att kunna lyfta skolans tunga maskot upp på en piedestal.

Varje klass fick göra denna undersökning antingen som en fysisk laboration eller som en virtuell laboration. Eleverna arbetade i grupper om tre till fyra elever, och instruktionerna beskrev vilka block- och talja-system som de skulle jämföra. När forskarna analyserade inspelningar av samtalen hittade de fem olika typer av samtal, nämligen samtal om att:

- ställa upp försöksutrustningen
- göra mätningar och beräkningar
- tolka fenomen
- göra förutsägelser och identifiera mönster
- bestämma lämpliga värden på variabler

Resultatet visar att fördelningen mellan de olika typerna av samtal var olika vid de två typerna av laborationer. Diskussioner om uppställning av utrustningen, samt mätningar och beräkningar, var vanligare bland elever som gjorde laborationerna fysiskt. De övriga tre typerna av samtal, som handlade mer om att tolka och koppla datan till fenomen, begrepp och samband, var vanligare hos

de som gjorde virtuella laborationer [9].

Detta tyder enligt forskarna på att elever som gör virtuella laborationer får mer tid att fokusera på vetenskapliga samband och begrepp. Då de snabbt kunde växla mellan olika uppställningar och värden på variabler så la de mer fokus på till exempel att resonera kring vilka variabler som skulle hållas konstanta mellan försök och vilka som skulle varieras. Å andra sidan visade analysen att samtalen vid de fysiska laborationerna innehöll problemlösning kring viktiga aspekter av naturvetenskapligt arbete. Till exempel behövde eleverna hantera mätosäkerheter, och samarbeta för att göra en undersökning [9].

Forskarna menar därför att deras fynd stödjer användning av en kombination av fysiska och virtuella laborationer. Till exempel föreslår de att en virtuell laboration före en fysisk kan ge elever en begreppslig grund som kan underlätta när de ska göra en komplex fysisk laboration eller en laboration där det är svårt att få tillförlitliga data [9].

Avslutning

Den här forskningsgenomgången visar exempel på studier som jämför virtuella och fysiska laborationer. Utifrån detta vill jag peka ut några lärdomar, även om de inte bör tolkas som en slutgiltig bedömning av forskningsläget. Tagna var för sig så ger studierna i genomgången en bild av vilka skillnader och likheter som de två formaten av laboration kan ge. Det är tydligt att virtuella och fysiska laborationer i många fall kan leda till lika goda resultat i elevers lärande, såväl när det gäller kunskap om begrepp som utforskande arbetssätt. Det finns också resultat som tyder på att effekterna kan skilja sig åt mellan olika ämnesområden [7]. Det senare tyder på att det kan vara svårt att generalisera mellan studier från ett område till ett annat.

Skolforskningsinstitutet presenterar sina fynd [1] i termer av de tre målområdena kunskap i *naturvetenskap*, kunskap om att *utföra naturvetenskap*, och kunskap om *naturvetenskap*. En observation är att jag i litteratursökningen till den här forskningsgenomgången fann flera artiklar som undersökte lärande om begrepp och samband (kunskap i naturvetenskap), men bara en som uttryckligen tittade på elevers förmåga att göra systematiska undersökningar (kunskap om att utföra naturvetenskap) [6]. Ingen av studierna undersökte hur laborationerna påverkade elevers förståelse av naturvetenskapens karaktär eller arbete med samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll. De två senare områdena är även de som är minst representerade i Skolforskningsinstitutets forskningsöversikt [1]. Alltså är det svårt att uttala sig om forskningsläget när det gäller hur laborationer, fysiska eller virtuella, kan stödja förståelsen för just naturvetenskapens karaktär eller samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll.

Det tycks som att det går att skönja en viss konsensus i litteraturen, dels i studierna som ingår i denna genomgång, men även i den övriga litteratur jag stött på i arbetet med texten. Denna konsensus handlar om vilka rekommendationer som olika författare gör baserat på sina fynd. Många forskare tycks ense om att en kombination av fysiska och virtuella laborationer är bättre än att bara använda en typ av laboration. Detta känns rimligt, inte minst med tanke på Puntambekars med flera [9] fynd att fysiska och virtuella laborationer kan stödja ganska olika processer under arbetet. Ett ensidigt fokus på en form av laboration kan leda till en mindre rik upplevelse av undervisningen för eleverna. Ny forskning och nya erfarenheter hos lärare kommer förhoppningsvis att ge allt mer stöd för lärares professionella bedömningar om hur de kan balansera olika typer av laborationer.

Författare



Figur 2. Gunnar Höst. (Bild: Thor Balkhed)

Gunnar Höst är huvudredaktör för ATENA Didaktik och biträdande föreståndare för NATDID, Nationellt centrum för naturvetenskapernas och teknikens didaktik (Figur 2). Han är också universitetslektor i visuellt lärande och kommunikation vid Institutionen för teknik och naturvetenskap, Linköpings universitet.

Referenser

1. Skolforskningsinstitutet Laborationer i naturvetenskapsundervisningen. Systematisk översikt 2020:01. Skolforskningsinstitutet: Solna; 2020.
2. Högström P, Rundberg M. Att bygga relationer mellan lärare, student och naturvetenskapligt innehåll i digitala miljöer. *ATENA Didaktik*. 2021; 3(2)[DOI](#)
3. Karlsson G. Virtuella laborationer i undervisningen. I Modul: Digitala verktyg i naturvetenskap. Del 2: Virtuella laborationer. Skolverket: Stockholm; 2018.
4. Bodin M. Simulering i naturvetenskapliga ämnen. I Modul: Förmåga att använda begrepp, modeller och teorier, årskurs 7-9. Del 6: Digitala representationer. Skolverket: Stockholm; 2018.
5. Brinson JR. Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education*. 2015; 87[DOI](#)
6. Kapici HO, Akcay H, de Jong T. Using Hands-On and Virtual Laboratories Alone or Together—Which Works Better for Acquiring Knowledge and Skills?. *Journal of Science Education and Technology*. 2019; 28(3)[DOI](#)
7. Špernjak A, Šorgo A. Differences in acquired knowledge and attitudes achieved with traditional, computer-supported and virtual laboratory biology laboratory exercises. *Journal of Biological Education*. 2018; 52(2)[DOI](#)
8. Kapici HO, Akcay H, de Jong T. How do different laboratory environments influence students' attitudes toward science courses and laboratories?. *Journal of Research on Technology in Education*. 2020; 52(4)[DOI](#)
9. Puntambekar S, Gnesdilow D, Dornfeld Tissenbaum C, Narayanan NH, Rebello NS. Supporting middle school students' science talk: A comparison of physical and virtual labs. *Journal of Research in Science Teaching*. 2020; 58(3)[DOI](#)