

Bakvänd pedagogik för att lära fysiker kemi

Sammanfattning

Pedagogisk idé

Detta projekt har syftat till utveckling och pedagogisk förnyelse av kursen Grundläggande materialkemi, 5 hp (1KB201) för förstaårsstudenter på Civilingenjörsprogrammet i teknisk fysik med materialvetenskap (Q). Denna kurs är dessa studenters enda grundkurs i kemi och en nyckelkurs för fortsatta programstudier, men har i flera år utmärkts av dålig närvaro på föreläsningar, bristande studentengagemang och dålig genomströmning. Utmaningen består i att ge denna studentgrupp tillräcklig förståelse av basala kemiska begrepp för att senare både kunna tillgodogöra sig mer avancerade materialkemiska kurser och läsa kurser tillsammans med studenter på Civilingenjörsprogrammet i kemiteknik, som läser 35 hp grundläggande kemi under det första året, varav 20 hp kurser med innehåll som delvis överlappar 1KB201.

Det klassiska upplägget för denna och liknande kurser med föreläsningar som följs av laborationer och lektionsövningar i kombination med eget läsande uppmuntrar passiv inläring och främjar inte aktivt deltagande. Relevansen av att läsa denna första grundläggande kurs i kemi är vidare otvetydig för dessa studenter. Målet med detta projekt har därför varit att omforma kursen med ett tydligt fokus på att studenterna tar till sig de centrala huvudbegrepp som gör att de kan tillgodogöra sig senare kurser inom programmet. Omformningen har gjorts för att stimulera till en mer aktiv lärandeprocess genom att *vända på lärsekvensen* och *inleda med laborationsövningar* som aktiverar studenterna och förutsätter eget aktivt lärande under övningarna, liksom uppmuntrar till egen inläsning innan och under övningen, följt av föreläsningar och lektionsövningar med en avslutande formativ examination. Den bakomliggande pedagogiska idén har helt enkelt varit att skapa bättre studentengagemang och effektivare inläring genom att *sätta laborationer och eget utforskande i fokus*.

Bakgrund

Kemilaborationer kan delas in i fyra olika typer, beroende på hur de är upplagda (se översikt i

Tabell 1). Den klassiska laborationen kan beskrivas som *förklarande*, och kan till stor del ses som mer av en demonstration av kända fenomen enligt en tillhandahållen "receptbok". Motsatsen till detta är *frågande* laborationer, där studenterna skapar sin egen procedur för att undersöka ett visst koncept och där varken studenter eller lärare vet vart det i slutändan leder. Båda dessa typer bygger på att studenterna ska känna igen teoretiska koncept som tidigare presenterats, men det är också vanligt förekommande att laborationerna har en dålig eller oklar koppling till föreläsningarna. En typ av laboration som däremot inte bygger på en igenkänning eller demonstration av teoretiska koncept är den *upptäckande* laborationstypen, där studenterna i stället får studera specifika exempel på ett fenomen för att på egen hand skapa sig en allmän förståelse för den underliggande principen.

Principen om att studenterna själva ska bygga kunskap kring fenomen genom observationer och egna interaktioner med det presenterande materialet är i grunden ett *konstruktivistiskt* synsätt. Konstruktivismens idéer sammanfattas ibland i följande citat, som på tveksamma grunder brukar tillskrivas Galileo Galilei:

Du kan inte lära en man någonting. Du kan bara hjälpa honom att ta reda på vad som redan finns inom honom.

Konstruktivismen brukar annars kanske mest associeras med Jean Piaget och Lev Vygotsky, vars arbete visserligen mest handlade om barns lärande, men som även är applicerbart på högre utbildning. En konstruktivistisk pedagogik utgår således från ett fokus på hur

studenterna tänker och själva konstruerar ny kunskap utifrån tidigare erfarenheter. Med ett sådant synsätt så blir det naturligt att också låta studenterna aktivt engagera sig direkt med ett kunskapsmaterial, för att kunna dra egna slutsatser och bygga vidare sina kunskaper och färdigheter.

Tabell 1. Olika typer av laborationsövningar i kemiundervisning. Tabellen är anpassad och fritt översatt från Ref. 1.

Stil	Resultat	Metod	Procedur
Förklarande (expository)	Förutbestämt	Deduktiv	Tillhandahållen
Frågande (inquiry)	Obestämt	Induktiv	Studentgenererad
Upptäckande (discovery)	Förutbestämt	Induktiv	Tillhandahållen
Problembaserad	Förutbestämt	Deduktiv	Studentgenererad

Genom att ta fasta på dessa idéer så borde den upptäckande laborationstypen lämpa sig för att lära ut grundläggande koncept till grundkursstudenter eftersom den sätter fokus på studenternas eget aktiva utforskande och lärande samtidigt som den (1) inte kräver specifika förkunskaper inom området och (2) inte kräver ingående förtrogenhet om vetenskapliga metoder. Här blir det också naturligt att sätta laborationerna i centrum, och att till fullo utnyttja dessa som effektiva inlärningsaktiviteter snarare än en repetition av tidigare presenterat föreläsningmaterial. Detta kan åstadkommas genom att genomföra upptäckande laborationer innan motsvarande material presenterats på föreläsning. Laborationer av upptäckande typ har också tidigare implementerats med viss framgång inom kemiområdet.² Likaså har ett tydligare fokus på laborationer prövats med framgång, där också vikten av att integrera laborationer och föreläsningar till en holistisk inlärningsupplevelse framhålls.³ På den Teknisk–naturvetenskapliga fakulteten vid Uppsala Universitet används konceptet med tidiga laborationer och obligatoriska problemlösningssessioner med framgång i kursen Beräkningsvetenskap I (1TD393).

Viss kritik har också uttalats mot ett sådant koncept, där det har ifrågasatts huruvida det är pedagogiskt möjligt att upptäcka något som man inte är konceptuellt förberedd på.¹ En laborationsaktivitet som är avsedd för att något ska upptäckas öppnar ju även upp för att detta inte kommer att upptäckas! Detta pekar på vikten av välutformade laborationsövningar för att möjliggöra upptäckande laborationer, med väl genomtänkta instruktioner som ställer rätt typ av frågor för att leda studenterna mot de avsedda slutsatserna. Som indikeras i

Tabell 1 så bygger ju den upptäckande laborationsformen på att studenterna uppnår ett förutbestämt resultat, och de måste därför ges förutsättningar att också nå dit under laborationen genom en kombination av tillhandahållna instruktioner och engagerade laborationslärare. I detta sammanhang passar onekligen den gamla devisen "att tänka fritt är stort – att tänka rätt är större".

¹ Domin, D. S. *J. Chem. Educ.* **1999**, *76*, 543–547

² Bodner, G. M.; Hunter, W. J. F.; Lamba, R. S. *Chem. Educator* **1998**, *3*, 1–21

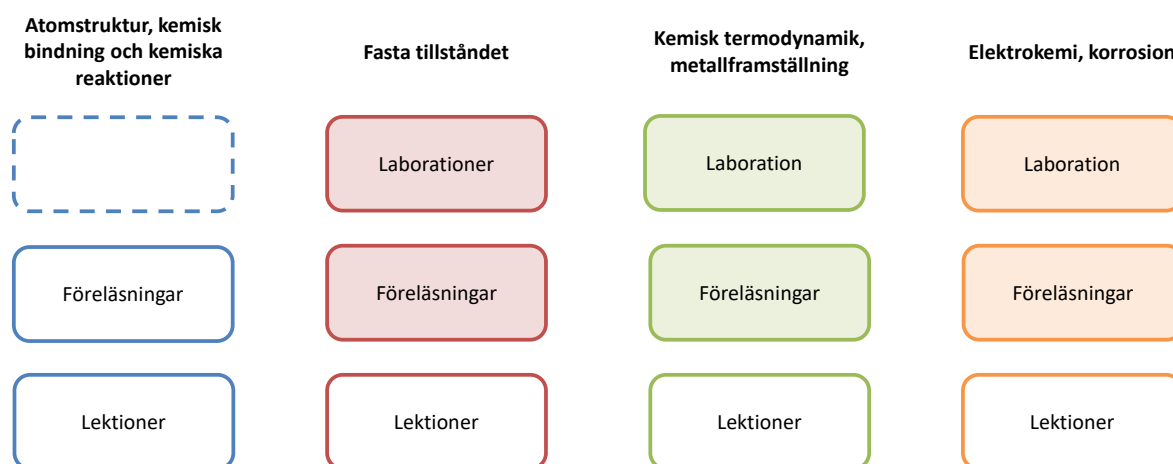
³ Bopegedera A. M. R. P. *J. Chem. Educ.* **2011**, *88*, 443–448

Pedagogisk utveckling

Målet för den pedagogiska utvecklingen i kursen var att omarbete laborationerna i en konstruktivistisk riktning och låta dem stå i fokus och vara det moment där studenterna bekantar sig med ny kunskap genom att vända på lärssekvensen så att laborationer inledde varje kursblock och sen följdes av föreläsningar och lektioner. Tanken med detta var att stimulera studenterna till ökad närvaro och högre aktivitet, och att låta laborationsövningarna fylla ett tydligt syfte som sträcker sig bortom praktisk erfarenhet eller ren repetition. Genom att studenterna redan exponerats för de basala koncepten genom laborationsövningar, och självstudier så kan föreläsningarna förutom att bli mer interaktiva också bli mer effektiva så att mer tid kan läggas på förståelse för mer avancerade koncept och för kursinnehållet i ett större sammanhang. I kursen kunde fyra kursblock identifieras:

1. Kemisk bindning
2. Fasta tillståndets kemi
3. Kemisk termodynamik
4. Elektrokemi

För att skapa lite av en mjukstart så behölls det inledande kursblocket i traditionell stil och utan tillhörande laborationsövning. De efterföljande kursblocken konstruerades om med en inledande laborationsövning. För *Fasta tillståndets kemi* omarbetades två befintliga laborationer för att anpassas till det upptäckande konceptet. För *Kemisk termodynamik* skapades en ny laboration, delvis baserad på en befintlig laboration i den grundläggande kemikursen på andra program. För *Elektrokemi* behölls den befintliga laborationen, som redan till stor del hade ett upptäckande upplägg och inte var beroende av föreläsningmaterialet för förståelsen. Detta nya upplägg kan ses summerat i Figur 1.



Figur 1. Översikt över det nya kursupplägget.

Den inledande laborationen under *Fasta tillståndet* utvecklades från att ha varit helt datorbaserad till att (med visst stöd från programvara) bygga på eget utforskande av fysiska atommodeller, där geometriska samband hos olika atomära arrangemang i kristallstrukturer enkelt kunde ses och upptäckas. Då denna del av kursen till stor del just bygger på sådana rena geometriska samband utan egentliga krav på kemisk förståelse så borde det vara en särskilt lämpligt för att undersöka utan speciella förkunskaper. Den andra laborationen bibehölls som en datorbaserad laboration men kompletterades med fysiska modeller och eget

utforskande av dessa. Laborationen under *Kemisk termodynamik* innehöll en mätning av värmeutveckling vid upplösning av olika salter och en övning för att tydliggöra skillnaden mellan termodynamik och kinetik för kemiska reaktioner genom kristallisation av natriumacetatetrihydrat. Laborationen under *Elektrokemi* undersökte olika typer av korrosion. Laborationshandledningarna för dessa laborationer utarbetades för att ställa ledande frågor för att på så sätt "tvinga" studenterna att se de avsedda sambanden och dra rätt slutsatser.

För att testa om upplägget var möjligt så kastades lärsekvensen under VT2019 om endast för kursblocket *Fasta tillståndet*. Detta gjordes utan att laborationernas innehåll hade omarbetats, men instruktionerna anpassades till den nya ordningen. Under VT2020 skulle detta göras för hela kursen och de nya laborationerna skulle införas. Covid-anpassningar gjorde dock att det inte var möjligt med fysiska laborationer. Laborationerna under *Fasta tillståndet* genomfördes med hjälp av videoklipp, laborationen under *Kemisk termodynamik* togs bort och laborationen under *Elektrokemi* genomfördes genom en livestream där laborationslärarna genomförde de praktiska momenten. Under VT2021 kunde kursen slutligen genomföras på avsett sätt. I samband med dessa förändringar så anpassades även föreläsningarna, så att mer fokus lades på det som inte lärts in på laborationerna, utan i stället byggde vidare på detta.

Utvärdering av de genomförda förändringarna gjordes med hjälp av utvärderande frågor som en del av laborationsrapporterna under 2019 och 2020, frågor i den avslutande kursvärderingen, en formativ kursvärdering 2021 samt diskussioner med laborationslärarna om deras erfarenheter av kursupplägget. Gradvisa förbättringar genomfördes löpande mellan kurstillfällena.

Resultat och analys

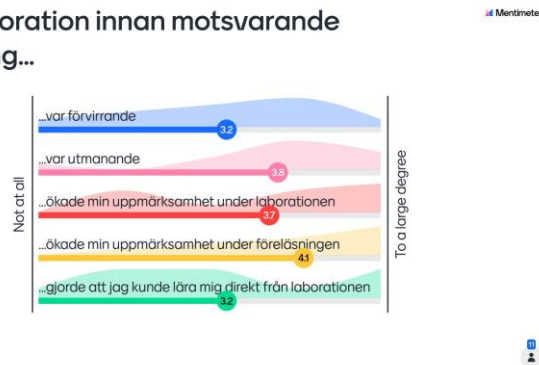
Under VT2019 genomfördes pilotförsök under kursblocket *Fasta tillståndet*. Erfarenheterna från detta försök var att studenterna vittnade om att de faktiskt lärde sig det som avsågs trots att laborationerna inte fullt ut var anpassade för det nya kursupplägget. Det var inte alla studenter som var positiva, men det uttrycktes också att just bristen på förkunskaper var något positivt – att studenterna därigenom inte accepterade saker blint, utan undersökte att det också faktiskt stämde. Laborationslärarna pekade på att laborationerna var mer tidskrävande än innan, men också att studenterna ställde mer frågor än tidigare år. Däremot visade det sig vara svårt att få studentengagemang till föreläsningarna och det gick inte att införa "Just-in-Time Teaching" (JiTT) p.g.a. brist på återkoppling efter laborationerna.

Under VT2020 gjorde dessvärre Covid-anpassningarna till distansundervisning att inte de nya laborationerna kunde utnyttjas fullt ut och det var tydligt att kursupplägget fungerade mindre bra när inte laborationernas pedagogik kommer till sin rätt online. Det gick dock ändå att få fram värdefull information från kursvärderingarna. Det visade sig, att den programvara (CaRIne) som använts som stöd vid Laboration 1 och mer centralt hjälpmedel vid Laboration 2 var en stor källa till irritation och därför tog fokus från huvuduppgiften. Detta tolkades som att studenterna upplevde en högre mental belastning (egentligen ett bra tecken), men att detta gjorde att saker som inte fungerade optimalt upplevdes som mer störande än annars. Trots problem med datorprogrammet så vittnade laborationslärarna om att deras hjälp inte utnyttjats i särskilt hög grad. Av detta var det tydligt att laborationernas anpassning till ett mer mentalt krävande upplägg är centralt, med tydliga instruktioner, lagom tidsåtgång och aktiva och närvarande laborationslärare. Trots detta så visade det sig återigen att studenterna ändå kunde tillgodogöra sig de avsedda kunskaperna genom ett "bakvänt" sätt att lära sig.

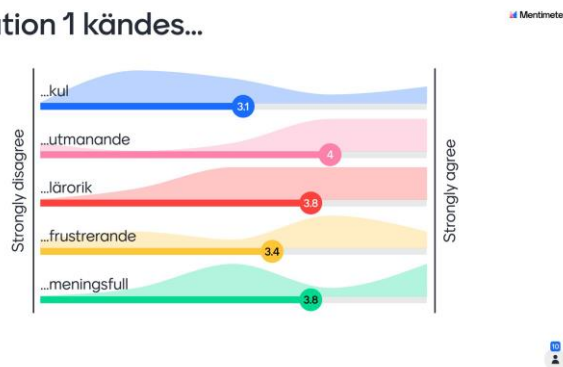
Inför VT2021 så gjordes ytterligare anpassningar av laborationerna framför allt genom att byta ut programvaran CaRIne mot den modernare och mer intuitiva programvaran VESTA. Denna används också i senare kurser i programmet, varför ett byte kändes än mer motiverat. Att döma av avsaknaden av klagomål på programvaran så var detta ett lyckat byte, som gjorde att fokus i stället kunde läggas på själva laborationsövningarna. För att minska den kognitiva belastningen så togs även användningen av programvaran bort från den inledande laborationen. Efter de två laborationerna under *Fasta tillståndet* genomfördes en kort formativ

utvärdering. Resultatet från denna kan ses i Figur 2. Denna vittnar om att detta kursupplägg visserligen skapar en del förvirring och frustration (i synnerhet Laboration 1), men att det också uppfattas som utmanande, lärorikt och leder till större uppmärksamhet under kursens delar. Att laboration 2 uppfattas som mindre problematisk har säkert att göra med att kursblockets inledande föreläsning hållits mellan dessa båda laborationer och att studenterna därigenom mer fått bekanta sig med kursinnehållet (dock inte specifikt det som behandlades på laboration 2). Att vid framtida kurstillfällen arbeta för att minska frustrationen under särskilt laboration 1 torde vara särskilt viktigt för att detta inte ska stå i vägen för inläringen. Å andra sidan kan just frustrationen vara ett tecken på en hög kognitiv belastning, vilket i sig är positivt för inläringen.

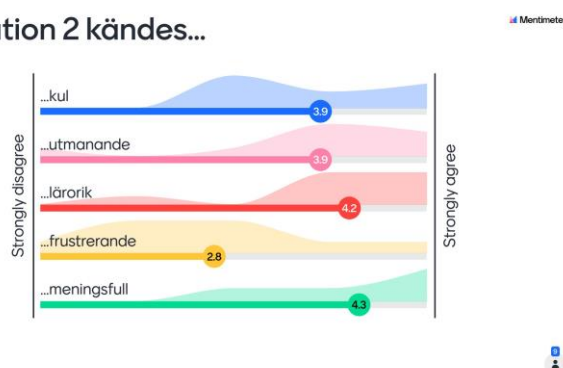
Att ha laboration innan motsvarande föreläsning...



Laboration 1 kändes...



Laboration 2 kändes...



Figur 2. Resultat från formativ utvärdering VT2021.

I svaren på kursvärderingen var det tydligt att upplägget delar upp studentgruppen i två läger: en majoritetsgrupp (77%) som anser sig lära sig alldeles utmärkt på det här sättet och en mindre grupp (22%) som inte alls tycker att de kunnat tillgodogöra sig nya kunskaper under laborationerna. En mindre grupp (11%) tycker sig inte heller kunna se en tydlig koppling mellan laborationer och föreläsningar. En viktig nyckel till att förstå detta är att 44% av studenterna i

olika grad säger sig ha varit dåligt förberedda inför laborationstillfällena, något som även laborationslärarna vittnar om. Att få studenterna att läsa *och förstå* laborationsinstruktionerna innan laborationstillfället är troligtvis helt nödvändigt för att alla studenter ska kunna tillgodogöra sig detta pedagogiska upplägg. Detta kan t.ex. åstadkommas genom att komplettera instruktionerna med videoklipp som beskriver laborationen och genom obligatoriska quiz att genomföra innan varje laborationstillfälle.

Trots detta så vittnar flera studenter i kursvärderingen om att laborationerna visserligen upplevts som mer krävande, men att just detta gjort att de varit mera värda i slutändan, d.v.s. att den ökande kognitiva belastningen i sig utgör ett mervärde. Samtidigt så återfinns även beskrivningar av vissa studenters frustration och ogillande av detta omvända upplägg. En preferens för att presentera kunskapsmaterialet på föreläsningar innan det undersöks i laborationer har även upptäckts i tidigare försök med innovativa kurs- och laborationsupplägg på kemikurser,⁴ men det är inte säkert att detta missnöje har något samband med den faktiska inläringen. Det är å andra sidan lätt att bara slå ifrån sig kritiken i kursvärderingarna som att studenterna inte begriper att de lär sig, vilket har pekats ut som en risk med strategier för aktivt lärande,⁵ men det är kanske här nyckeln också ligger: att satsa på att förbättra just förståelsen för detta koncept och underlätta för att studenterna ska kunna vara väl förberedda på labb och kunna tillgodogöra sig den nya kunskapen på bästa sätt. Först genom att göra detta kan den verkliga effekten av denna pedagogiska utveckling till fullo utvärderas.

⁴ Bieron, J. F.; McCarthy, P. J.; Kermis, T. W. *J. Chem. Educ.* **1996**, *73*, 1021–1022

⁵ Deslauriers, L.; McCarthy, I. S.; Miller, K.; Callaghan, K.; Kestin, G. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **2019**, *116*, 19251–19257