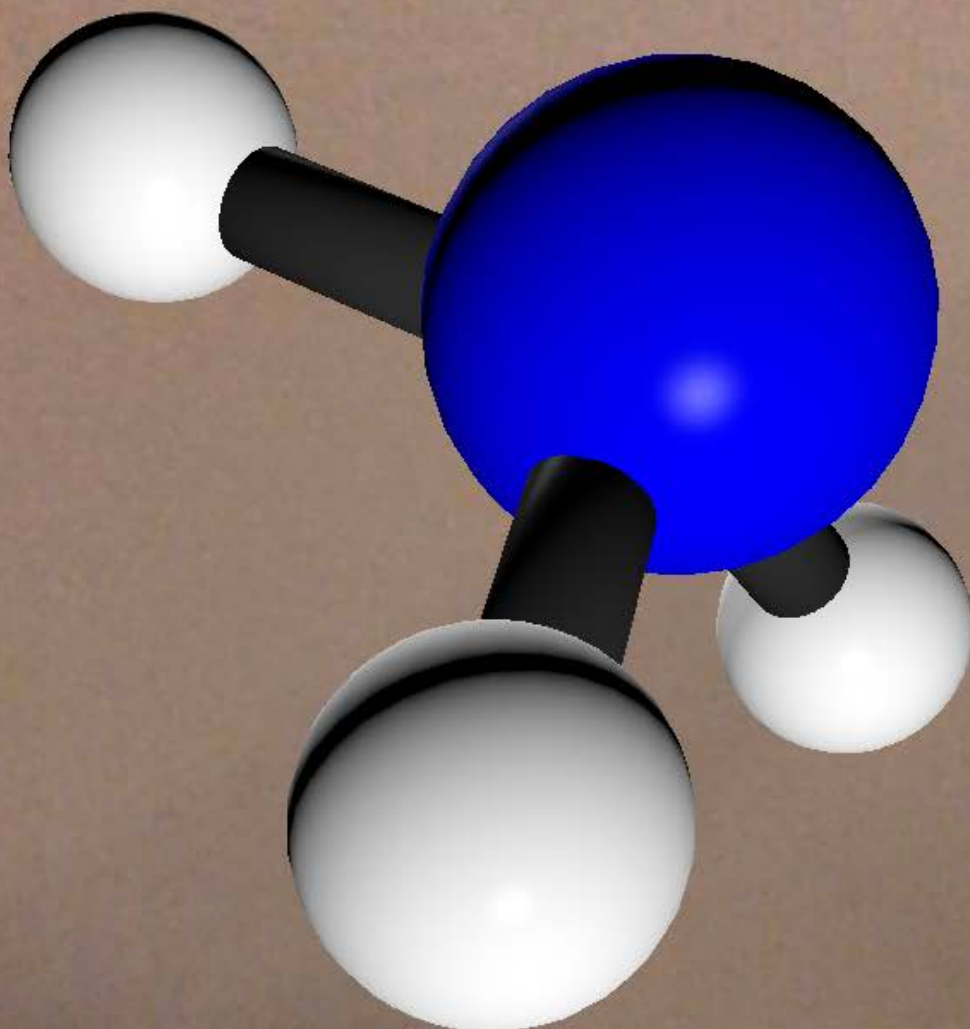


Digitalisering av kemiundervisning på gymnasieskolan med hjälp av Augmented Reality

Per Högström och Ann-Sofi Holm





© Copyright 2021 Per Högström och Ann-Sofi Holm

Grafisk form: Amanda Malmros, Oh My

Omslagsbild: Istock

ISBN: 978-91-519-8240-3 (tryckt), 978-91-519-8241-0 (E-bok)

Per Högström är filosofie doktor i pedagogiskt arbete med inriktning mot naturvetenskapernas och teknikens didaktik. Han arbetar som lektor i utbildningsvetenskap vid Högskolan i Halmstad. Han forskar om lärande relaterat till praktisk naturvetenskap, laborativt arbete, systematiska undersökningar och de behov och utmaningar som relaterar till digitalisering och digital teknik. Per arbetar även med kunskapssammanställningar och evidensbaserad undervisning.

per.hogstrom@hh.se

Ann-Sofi Holm är lärare i kemi och teknik på Elof Lindälvs gymnasium och förstelärare inom Skola & Omvärld i Kungsbacka kommun. Hon har ett stort intresse för lärandeprocesser och hur digitala verktyg kan vara ett stöd i lärmiljön.

Ann-sofi.holm@kungsbacka.se

Digitalisering av kemiundervisning på gymnasieskolan med hjälp av Augmented Reality

Per Högström och Ann-Sofi Holm

För många elever kan såväl ämnets innehåll som naturvetenskapligt språk i kemi upplevas abstrakt. En särskild utmaning ligger i beskrivningar av det tredimensionella perspektivet (3D). Detta är samtidigt en nyckel för att förstå hur molekyler är uppbyggda och varför kemiska reaktioner sker. I detta projekt beskriver vi hur digitala verktyg kan öppna upp för nya möjligheter att både undervisa och lära kemi. Hur kombinationen av tillgänglighet och flexibilitet i lärares undervisningsupplägg, samt utveckling av elevers förståelse skapas då Augmented Reality (AR) involveras i konkreta undervisningssituationer är däremot inte väl känt.

Vad ville vi veta i projektet?

Intresset för utveckling av kemiundervisning är en drivande faktor i detta praktikinära och praktikutvecklande samverkansprojekt. Utvecklingen ligger i linje med de utmaningar rörande digitalisering som upplevs både på ett samhällsligt plan, med till exempel anvisningar i styrdokument, och på ett pedagogiskt plan, vad som faktiskt skulle kunna gå att genomföra i undervisningen.

Projektet har inledningsvis drivits av en lärare och under det sista året har en forskare knutits an. Detta har medfört att de verksamhetsnära utgångspunkterna har kunnat omformuleras tillsammans och därigenom har en plan för vidare genomförande formulerats. I projektets början har ett antal förarbeten genomförts. Eftersom samtliga frågor utgår från den undervisning som bedrivs har gymnasieskolans kurs Kemi 1 blivit utgångspunkt och sedermera även bidragit med avgränsning i projektet.

En inledande förstudie och omvärldsanalys kunde visa fördelar med tillämpning av *Augmented Reality* eller förstärkt verklighet (AR) framför *Virtual Reality* eller virtuell verklighet (VR), där framförallt tillgängligheten var den avgörande faktorn. När det gäller tillämpningar är det framförallt olika applikationer, eller appar, som har varit i fokus. Det har visat sig att det finns en stor mängd att välja på som går att använda med olika enheter. För att få stöd i undersökning av tillgänglighet har det skett externt samarbete med *Research Institutes of Sweden (RISE), division digital systems – RISE interactive*. Här testades såväl AR som VR som företeelse och diverse applikationer kunde diskuteras vilket ledde fram till ett antal rekommendationer som skulle kunna användas vidare i projektet. Företaget Educhem, som framförallt är riktade mot högre kemistudier, har varit en inspirationskälla och kom med värdefulla tips om hur VR kan bidra som ett komplement i undervisningen. Förarbetet kunde bidra med vissa utgångspunkter för fortsättningen. Framförallt visade det sig att tillgängligheten och flexibiliteten i lärmiljön är viktiga parametrar.

För att en app skulle kunna anses vara tillgänglig så behöver den kunna hämtas via väl invanda vägar som finns tillgängliga i de digitala enheter som används, till exempel via *Appstore* från en Apple-mobil eller via *Play-butik* för Android. Flexibilitet innebär att det är fördelaktigt om olika sorters digitala enheter kan användas, men även att valda applikationer skulle kunna användas vid flera undervisningstillfällen. De begränsande faktorer som identifierades var att tillgängliga resurser i undervisningsmiljön inte alltid länkade samman med de applikationer som rekommenderades. Det fanns inte de digitala verktyg som behövdes i den utsträckning som var önskvärd.

När det kommer till de förkunskaper som behövs av de som ska använda applikationerna behöver även teknisk komplexitet beaktas. Det är inte självklart att en app kan bidra med det som efterfrågas bara för att den används. Genom förarbetena kunde praktiskt relaterade frågor i lyftas i syfte att komma runt hinder, till exempel att undersöka om eleverna dels hade

egna digitala enheter som skulle kunna användas och om eleverna själva kunde tänka sig att göra det. Som ett led i detta genomfördes en marknadsundersökning i form av ett elevarbete där en enkät användes för att undersöka elevers perspektiv på och erfarenheter av tillgänglig digital teknik och applikationer.

Genom att knyta an en forskare med både ämnesdidaktiska kompetenser som är relevanta för undervisning i kemi på gymnasiet och intresse för digitalisering kunde projektet ta ytterligare steg. Då förarbetet riktat in sig på möjligheter via infallsvinklar från omgivande samhälle och även internt genom elevernas perspektiv, kunde en tydligare forskningsbaserad inriktning utvecklas. Diskussioner om sådant som kunde erhållas ur forskningslitteratur blev ett sätt att komma fram till gemensamma förutsättningar för fortsatt samarbete.

I forskningsöversikter om användning av AR i undervisning framkommer ett flertal faktorer som anses vara betydelsefulla (Akçayır& Akçayır, 2017; Radu, 2014). AR medför till exempel att innehåll presenteras på nya sätt, att flera representationer uppträder i rätt tid och sammanhangochatt ämnesspecifika begrepp visualiseras. Dessutom verkar AR gynna elevers lärande. Samtidigt påpekas att det kan vara svårt för elever att lära sig använda AR, särskilt i mobila enheter såsom smarta telefoner. Detta pekar på att valet av rätt digitalt verktyg för undervisningen behöver ske med omsorg. När digital teknik, såsom AR, lyfts in i kemiundervisningen ställs såväl lärare som elever inför utmaningar. Ur lärares perspektiv medför det att ämnesdidaktiska ställningstaganden behöver tas. En framträdande aspekt är att kunna förhålla undervisningen till en begränsad del inom kemin, då utfallet av den digitala teknikens införande är beroende av hur den kommer till användning i undervisningen.

Ett verktyg som utvecklats för ändamålet att avgränsa och precisera undervisning kallas *Content Representations* (CoRe) och presenteras av forskarna Loughran, Mullhall och Berry (2004). Det har en teoretisk utgångspunkt i ämnesdidaktisk kunskap (PCK) och har visat sig värdefullt i forskning vid Högskolan i Halmstad (Nilsson & Elm, 2017). Kortfattat förklarar kan lärare med hjälp av CoRe sammanfatta specifika påståenden om ett visst naturvetenskapligt ämnesinnehåll som är i fokus, vilket benämns *Big Ideas*, och sedan relatera detta till vad som ska ske i undervisningen. På så vis efterliknar CoRe både ett planeringsverktyg och ett reflektionsverktyg. Då CoRe inte har digitalisering i fokus kunde istället en variant av denna återfinnas i Skolverkets modul för digitalisering i naturvetenskap (Skolverket, 2018). Där presenteras ett motsvarande verktyg som även innefattar digitala aspekter på undervisning i naturvetenskap, *Technological Content Representations* (T-CoRe). För den fortsatta studien valdes verktyget T-CoRe för att fånga lärarnas ämnesdidaktiska ställningstaganden.

Syfte och frågeställningar

Syftet med projektet är att undersöka hur AR kan tillämpas i reella undervisningssituationer i gymnasieskolans kemiundervisning och på vilket sätt det har betydelse för elevers lärande om kemiska modeller. Projektet syftar även till att vidareutveckla didaktiska tillämpningar för AR i kemiundervisning. De frågeställningar som vägleder studien är:

- Hur kan AR användas i gymnasieskolans kemiundervisning?
- På vilka sätt bidrar AR till möjligheter att göra abstrakta kemiska modeller konkreta i kemiundervisningen?
- Vilka utmaningar, möjligheter eller idéer uttrycker elever och lärare vid användningen av digitala hjälpmedel (AR) i kemiundervisning?

Vad gjorde vi?

Under projektet har en lärare och en forskare deltagit. Dessutom har elever från årskurs tre och årskurs två på gymnasieskolans teknikprogram varit aktiva i projektets olika delar. Totalt antal elever har varit 35. Då elever ska delta är det viktigt att de får kännedom om projektet och vad de kan tänkas behöva ställa upp på, samt att de förstår att allt deltagande är frivilligt enligt gällande forskningsetiska regler (Vetenskapsrådet, 2017). Därför sammanställdes en samtyckesblankett som samtliga deltagande elever har skrivit under innan någon aktivitet genomfördes.

Projektet har innefattat flera olika sätt att samla in information eller datamaterial där elever varit delaktiga, såsom kunskapstester, videoinspelade laborationer och intervjuer. Alla genomförda aktiviteter har blivit inslag i den undervisning som ändå ska bedrivas i kursen, vilket gynnat den eftersträfvade autenticiteten.

Lärares T-CoRe

Som ett led i den planerade studien upprättade läraren tillsammans med forskaren en första T-CoRe. Denna T-CoRe hade utgångspunkt i undervisning för elever i årskurs 2, med hänsyn tagen till den period av kursen som var aktuell. Utifrån denna gjordes en lektionsplanering där AR-appar skulle kunna bli en aktiv del i elevernas laboration. Då studien sedermera flyttades till en ny elevgrupp gjordes en revidering av T-CoRe och av lektionsplaneringen. En T-CoRe kan anses vara omfattande och behöver preciseras för den undervisning som är tänkt att bedrivas.

I detta projekt var en *Big Idea* att: 3D-strukturen för en molekyl beskriver atomernas ordning i molekylen. För eleverna var det viktigt att förstå detta för att kunna förstå molekylers uppbyggnad och kopplingen till kemiska formler. I lärares T-CoRe preciserades även anledningen till varför just AR valts som digital undervisningsmetod: En AR app skulle erbjuda möjlighet för eleverna studera molekyler i 3D.

Pilotstudie AR appar

En pilotstudie genomfördes tillsammans med femelever från en motsvarande klass på gymnasiet. Under arbetet med eleverna testades olika

AR-appar och ett specifikt lektionsupplägg. Utvärdering av appar och tillhörande undervisning baseras på lärarens första T-CoRe samt de perspektiv gällande flexibilitet, tillgänglighet och teknisk komplexitet som identifierats i genomfört förarbete. Nedan följer lärarens reflektioner från pilotstudien:

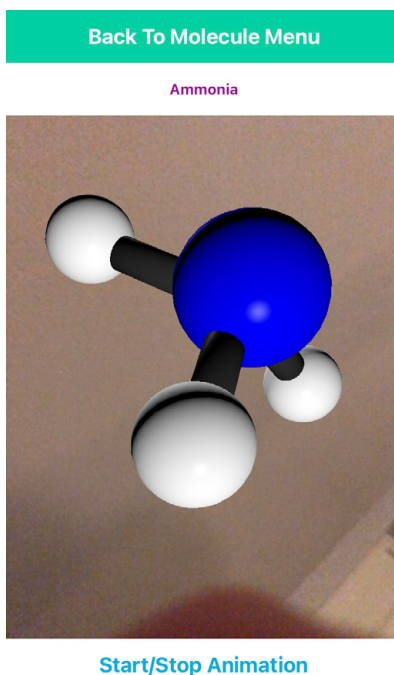
Vi testade tre appar i pilotstudien; ARVR Molecules, Molecular AR och VSEPR AR. ARVR Molecules kostade 25 kronor för Iphone och 20 kronor för Android, de övriga två apparna var gratis. Det var enbart ARVR Molecules som fungerade på Iphone och på Android. Eleverna ansåg att Molecular AR var bäst, då den var enkel att använda. Appen ARVR Molecules var enklast att tillämpa i VR. Det fanns även möjlighet att bygga molekyler i den aktuella appen men då krävdes VR glasögon. Elevernas spontana kommentar var att ARVR Molecules skulle fungera bra i början av kemikursen för att snabbt lära sig några vanliga molekyler.

Det var cirka 60 procent av eleverna i årskurs två som hade Iphone och övriga Android. Valet av appen Molecular AR skulle ha krävt en omarbetsning av uppgiften eftersom koldioxid ej ingick. Appen var gratis men tyvärr fanns den ej på Android. För att alla elever skulle få tillgång till appen behövde de arbeta i par. Appen Molecular AR innehöll även fler enkla molekyler.

Utifrån pilotstudien och rekommendationer från elever gjordes en ny research för att hitta en app som är tillgänglig för så många som möjligt samtidigt som den inkluderar önskvärda representationer av molekyler. Valet föll på appen Chemistry AR+ som är en gratisapp för Iphone där molekylerna metan, koldioxid, vatten och ammoniak ingår. Exempel för ammoniak illustreras i figur 1. Justeringar av T-CoRe, av tillhörande lektionsplanering och av elevernas arbetsmaterial genomfördes av läraren för att eftersträva att det naturvetenskapliga innehållet skulle inkluderas så autentiskt som möjligt i kursens undervisning.

Genomförande av huvudstudien

Genomförandets utformning baseras på ett systematiskt forskningsupplägg, med en mix av metoder där såväl möjligheter till kontroll av variabler som kvalitativ analys inkluderats. Datainsamling har skett parallellt i en undersökningsgrupp och i en kontrollgrupp. Elevers



Figur 1.

Molekylen för ammoniak återgiven i appen Chemistry AR+.

kunskaper har synliggjorts med hjälp av skriftliga individuallatester före och efter genomförd laboration, samt två månader efteråt. Laborationer i båda grupperna har blivit videoinspelade. Elever från båda grupperna har blivit intervjuade med videoinspelat material som stöd.

Sammanhang och deltagare

I samband med gymnasieskolans terminsstart blev det fastställt att den elevgrupp som skulle få delta i projektet bestod av 31 elever från teknikprogrammets årskurs 2. Under de inledande veckorna av kursen Kemi 1 genomfördes reguljär undervisning, där inledande delar bearbetades i enlighet med kursens planering. På så vis var eleverna och läraren bekanta med varandra, med kursens upplägg och även med den litteratur som tillhörde kursen. Kursens laborativa moment genomfördes enligt ordinarie planering i två grupper och det beslutades att samma gruppindelning skulle gälla för studien. Projektets syfte presenterades för eleverna och undertecknad samtyckesblankett insamlades. För att säkerställa att det fanns möjlighet att genomföra laborationer med samma förutsättningar i båda grupperna genomfördes en inventering av tillgång till Iphone bland eleverna.

Datainsamling

Då kursen Kemi 1 pågått tre veckor genomfördes ett individuellt förtest (F1), det första skriftliga testet. Detta innehöll frågor om de utvalda molekylerna som kunde relateras till det planerade lektionsinnehållet. Efter följande vecka genomfördes de två planerade lektionerna under ordinarie pass för laborationer. Den ena gruppen (B, undersökningsgrupp) fick undervisning med AR och den andra gruppen (A, kontrollgrupp) fick undervisning utan AR. I kontrollgruppen användes istället fysiska molekylmodeller, så kallad Kul och Pinn, vilka består av olikfärgade kulor som representerar specifika atomer samt pinnar för att sätta ihop kulorna. De två grupperna fick därför två separata, men liknande, arbetsmaterial relaterade till undervisningens innehåll och form.

Elevernas arbetsmaterial med lösningar samlades in både för undersökningsgrupp och för kontrollgrupp. Vid båda tillfällena spelades laborationerna in med två stationära videokameror. I direkt anslutning till avslutade laborationer genomfördes ett individuellt eftertest (E2), det andra skriftliga testet. Både för- och eftertest var identiska.

Två veckor efter laborationerna genomfördes åtta intervjuer med elever. Fyra intervjuer från grupp A respektive grupp B. Vid varje intervju deltog två elever och ett antal intervjufrågor låg till grund för samtalet. Det videoinspelade materialet från laborationerna användes också vid intervjuerna för att ge möjlighet för eleverna att se och höra sig själva och för att stimulera sådant de skulle kunna komma ihåg. Samtliga intervjuer spelades in.

Ytterligare åtta veckor efter laborationernagenomfördes ett tredje individuellt kunskapstest (E2). Avsikten var att kunna följa upp eventuella långvariga effekter i relation till elevernas lärande, ett så kallat *post-retention* test. Även detta test var identiskt med de övriga två testen. Först efter detta tredje test fick eleverna återkoppling på det som kunde uttolkas från resultaten.

Vad har vi sett och lärt oss?

Det material som samlats in under studiens gång har bearbetats dels var för sig men även gemensamt av både lärare och forskare. I följande avsnitt presenteras lärarperspektiv på genomförd undervisning med eller utan AR, vad som kan utläsas från tester av elevers kunskaper före och efter undervisning och hur elever beskriver sina erfarenheter.

Perspektiv på undervisning med eller utan AR

Den undervisning som bedrivits med olika utgångspunkter för undersökningsgrupp (B) respektive kontrollgrupp (A) har synliggjort vad som behöver uppmärksammas av lärare. Lärarens och elevernas samtal och agerande uppvisar både likheter och skillnader mellan de två grupperna. Såväl i relation till undervisningens innehåll som till de uppgifter som skulle genomföras.

Undersökningsgrupp (B) - undervisning med AR

Under laborationen arbetade eleverna i par där minst en elev hade tillgång till en Iphone. Eleverna hade innan laborationen fått information om att ladda ner appen Chemistry AR+ vilket de också gjort. En viktig förutsättning för genomförandet var att allt som behöver finnas på plats också gör det. Vi detta tillfälle ställdes krav på att eleverna kom förberedda med personlig utrustning, vilket pekar på att väl förberedd planering är viktig. Särskilt om det ställs krav på att eleverna ska bidra för att möjliggöra laborationen.

Lektionsplaneringen innehöll ett flertal uppgifter som skulle vägleda eleverna i arbetet under laborationen. Uppgiften där strukturformlerna för molekylerna skulle ritas genomfördes snabbt. Eleverna identifierade molekylerna med hjälp av appen. Uppgifter som berörde elektronformel, placering av elektronpar och fria elektroner krävde ett förtydligande från undervisande lärare. Det upplevdes som en utmaning för läraren att med hjälp av appen förklara de kemiska begreppen för eleverna både i en-till-en-situationer och i helgrupp. Således visade upprepade undervisningssituationer att läraren behövde ta ställning till vilket hjälpmedel som var lämpligast för att åskådliggöra frågor som berörde specifika frågor, som till exempel placering av fria elektroner. AR-appen visade sig vara begränsad då den inte inkluderade ej fria elektroner. Detta var känt innan men krävde ett förtydligande i undervisningssituationen. När eleverna fått ett inledande förtydligande av läraren angående elektronformler, valenselektroner, bundna och obundna elektroner för vattenmolekylen var det enklare att tillämpa denna kännedom på övriga molekyler.

Begreppet symmetri upplevdes svårt för eleverna. De refererar till något annat, såsom spegelbilder, vilket visar att nya begrepp ofta uppfattas i ljuset av de erfarenheter eleverna bär med sig. Under laborationen förtydligades orsakerna till varför en molekyl är symmetrisk eller osymmetrisk. För detta krävdes en förklaring angående fria elektroner, elektronmoln samt negativ laddning och positiv laddning. Läraren upplevde att det krävs mer

förkunskaper hos eleverna för att avgöra symmetrin hos molekylerna vilket synliggjorde vad det fortsatta arbetet under kursen skulle behöva fånga in.

Kontrollgrupp (A) -undervisning med Kul och Pinn

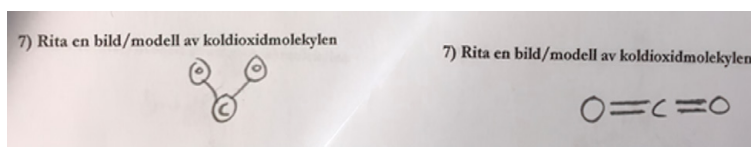
I denna undervisningssituation upplevdes det mer traditionella verktyget Kul och Pinn enklare att tillämpa vilket även kan vara kopplat till tradition och vana. Med hjälp av Kul och Pinn modeller kan exempelvis placering av fria elektroner enkelt visas genom att med handen peka ut aktuella områden i 3D-modellen. Uppgiften där eleverna skulle rita strukturformler krävde längre tid då överföringen av 3D-modeller till skisser på papper upplevdes komplex för eleverna. En anledning var att eleverna inte sparade de färdigbyggda molekylerna under övningen vilket var en nackdel när molekylerna senare skulle studeras vidare och jämföras. Eleverna lade således fokus och tid på att konstruera och ta isär modeller vilket riktade viss del av deras uppmärksamhet från uppgifterna. Även i kontrollgruppen upplevdes begreppet symmetri svårt för eleverna. Läraren behövde även här utveckla förklaringar och exemplifiera hur symmetri uppstår eller inte. Till sin hjälp använde läraren då modeller konstruerade av kulor och pinnar. Även om dessa tog tid för läraren att sätta ihop kunde begreppen visualiseras fysiskt istället för digitalt.

Elevers kunskaper utvecklas

Vid analysen av resultaten från elevernas förtest (F1), eftertest (E1) och andra eftertest (E2) har vissa trender kunnat urskiljas. I testerna visas ingen signifikant fördel för elever i undersökningsgrupp, som använt AR-appen, jämfört med dem i kontrollgrupp. Däremot kan, vid en jämförelse av resultaten före och efter laborationen, en tydlig progression av kunskaper ses gällande samtliga molekyler som tagits upp under lektionen. Detta är särskilt märkbart i de öppna frågor som berör ammoniakmolekylen och koldioxidmolekylen (se exempel i figur 2).

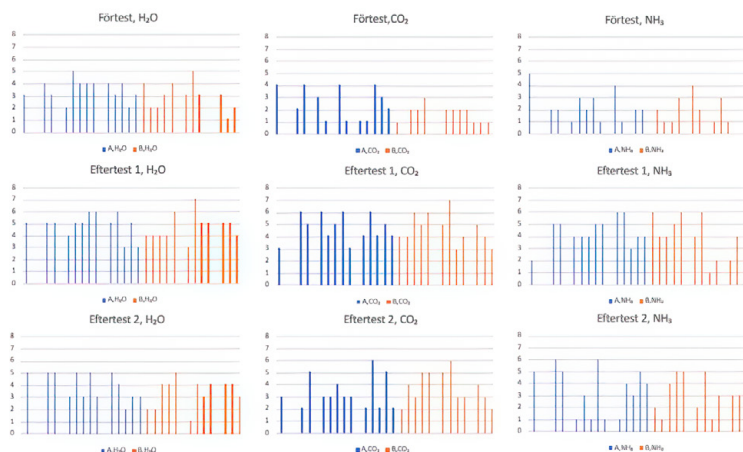
Figur 2

Ett exempel på elevsvar på öppna frågor om koldioxidmolekylen från förtestet och från eftertestet. Resultatet från förtestet presenteras till vänster och från eftertestet till höger.



Förtestet visade på bättre förkunskaper om vattenmolekylen. Förkunskaperna gällande vattenmolekylen ligger även på en jämnare kunskapsnivå för hela elevgruppen än vad resultaten visar för ammoniak- och koldioxidmolekylen (figur 3). De frågor i kunskapstesterna där elevernas svar visar på den största progressionen och därmed indikerar faktisk kunskapsutveckling är för koldioxidmolekylen och för ammoniakmolekylen. Vid en jämförelse av svar på frågor om dessa molekyler med svar på frågor om vattenmolekylen visar svaren något lägre resultat i E1 och i E2 (figur 3).

För att ytterligare jämföra progressionen studerades ett urval av de flervalsfrågor som berör kemiska bindningar och fria elektroner där resultaten visade på en tydlig progression mellan förtestet och eftertest (E1).



Figur 3
Jämförelse av resultat för kontrollgrupp (A) och undersökningsgrupp (B). Resultaten redovisas för de 25 elever som deltagit i samtliga moment F1, E1, E2 samt laboration.

Progressionen var dock ej lika tydlig för flervalsfrågor gällande obundna elektroner. Vidare indikerar resultaten att elever två månader efter laborationen inte har bevarat samma kunskaper som de hade direkt efter laborationen. Detta gäller för båda grupperna och är intressant att följa upp och ta hänsyn till i lärarens kommande undervisning.

Elevers upplevelser samvarierar

I de intervjuer som genomförts framkommer att eleverna i undersökningsgruppen uppskattar möjligheter med AR i kemiundervisningen. De ser det som ett intressant sätt att arbeta då det tillför annat än sådant de vanligtvis möter. I deras reguljära undervisning är det inte ovanligt att olika former av digital teknik används av lärare, framförallt i föreläsande syfte. Den upplevda skillnaden handlar om att de själva "enkelt kan kolla i appen". I ett par av intervjuerna framkom att eleverna hade liknande erfarenheter från laborationen som kunde observeras under genomförandet. Det fanns begränsningar i appens användningsområde och innehållet som var problematiskt kunde specificeras. I följande utdrag illustreras detta:

Forskare: Har ni upplevt att ni har haft användning av det här sättet att arbeta med digitala verktyg?

Elelv: Mm, jag vet inte. Lite kanske. Det var mest att man såg den i 3D, man såg hur den var uppbyggd. Det svåra sen det var det här med fria elektroner och det syntes inte riktigt där [i appen]. Det man såg var det som var lite lättare att begripa, än om de var polära och så. Det såg man inte riktigt där. Det är det jag tycker är svårt. Eller svårare.

Forskare: Så det fanns lite begränsningar i vad man kunde se?

Elelv: Ja, det var ju lite frågor om elektronformeln och då tror jag vi var tvungna att ställa lite frågor och googla för att se vad det var. Jag tror inte vi hade gått igenom det då [under laborationen]. Vi gick igenom det efteråt och då blev det lite lättare.

Gemensamt för elever i båda grupperna var att de var inriktade på att lösa sin uppgift, oavsett vilken metod läraren använt för att bearbeta innehållet. Eleverna beskrev liknande problem som relaterade till vad de behövde lära sig. Oavsett AR eller Kul och Pinn beskrev flera elever att de själva använde ytterligare hjälpmedel som stöd för lösa uppgifterna. Till exempel användes sökning via internet eller den egna kemiboken. Detta ger insikt om att sådana hjälpmedel som eleverna har upparbetat en vana med kan hjälpa dem att ta egna initiativ. Ett par elever från kontrollgruppen föreslog en kombination av de metoder som använts, det vill säga att AR-appen skulle kunna användas tillsammans med Kul och Pinn. Om läraren inte använt sig av AR-appen uppger flera av eleverna att de skulle klarat uppgifterna ändå. Detta pekar i sin tur på att elever inte spontant söker AR som stöd, läraren behöver introducera denna digitala teknik. Å andra sidan beskriver elever att de gärna jobbat mer med AR, nu när de fått prova och tror att det skulle kunna fungera som stöd även i andra skolsammanhang.

Vad tar vi med oss från projektet?

Studiens resultat lyfter att samarbete mellan lärare och forskare har gett bidrag som visar hur teori och praktik närmar sig varandra. Samarbetet mellan lärare och forskare har gett goda inblickar i varandras sätt resonera och bidraget till verksamhetens praktik är värdefullt. Projektet har även synliggjort var fler insatser behövs och uppmärksammat nya frågor och infallsvinklar på digitala verktyg i undervisningen.

Lärarens roll

Lärarens förmåga att lösa problem som uppstår under lektionen var tydlig i båda grupperna, vilket pekar på lärarens betydelse oavsett om digital teknik används eller inte. Varken digital teknik eller praktiska hjälpmedel kan ersätta lärarens roll i undervisningen. I planeringen av undervisningen kan däremot särskild uppmärksamhet riktas till betydelsen av införandet av specifika metoder, vilket planeringsverktyget T-CoRe har bidragit till. Genom erfarenheter från projektet har vi skapat ett flertal utgångspunkter. En handlar om att utveckla processer för att möta behov av digitalisering och möjligheter att använda digital teknik i undervisningen.

Genom projektet har värdet av T-CoRe uppmärksammat. Om även andra lärare är motiverade att genomföra förändringar och bearbeta planering av undervisning på sätt som driver på digitalisering, kan belägg från denna studie bidra till lokal spridning i verksamhet och på sikt även utanför aktuell skolenhet. I alla undervisningssammanhang behöver justeringar göras för att uppnå de mål som undervisningen strävar efter. Då är det också nödvändigt att problematisera om digitala anpassningar är värda att eftersträva om det innebär mer arbete än det ger i form av alternativt eller utvecklat lärande för eleverna.

Om AR i undervisning

AR-appar finns i stor variation, det är inte alltid så att de stämmer överens med det innehåll som undervisningen har som mål att bearbeta. Appar tar

även tid att lära sig och det går inte att veta i förväg om det någon lär sig om en specifik app ger värdefulla möjligheter. På det viset är utbudet av AR-appar som utvecklats av leverantörer inte med självklarhet passande för undervisningen. Det är upp till läraren att ta ställning till vad, hur och varför en specifik AR-app ska inkluderas. Utifrån de resultat som framkommit genom projektet kan följande lyftas fram:

- AR bidrar till snabb tillgång till korrekta molekyler
- AR-appar har begränsningar inom vissa illämpningar (exempelvis för att visa elektroner)
- Bland de metoder som läraren har, kan AR ses som ett komplement, framförallt gällande tillgänglighet
- Använd AR där det bidrar med skillnad, elever föreslår en kombination av de två provade versionerna
- Elever söker inte spontant AR som stöd, läraren behöver introducera dem

Det är även värt att uppmärksamma att det finns flera områden senare i kursen Kemi 1 där AR-appen är tillämpbar för att studera molekylernas geometri, bindningar och bindningsvinklar. AR-appen kan även fungera som ett kompletterande verktyg i annan undervisning än vid laborationer, både i klassrumsundervisning och digital distansundervisning. Flexibiliteten att kunna visa färdigbyggda modeller hade kunnat tillämpas med AR på ett enklare sätt med hjälp av en kompletterande teknisk utrustning. I lektionssalen hade det varit värdefullt om mobilen varit trådlöst kopplad till en projektor.

Enligt lärarens upplevelse av undervisningen som genomfördes var AR-appen enklare än Kul och Pinn då det snabbt gick att leta upp molekylerna i appen för att de skulle kunna studeras i ett senare skede. Det behöver däremot inte vara en nackdel att förtydligande görs med hjälp av Kul- och Pinnmodeller parallellt som eleverna arbetar med AR. Det finns möjligheter att därmed utveckla och utmana den spatiala förmågan ytterligare, vilket krävs för att förstå 3D modeller av molekyler.

Genom möten skapas nya möjligheter

Utifrån det arbete som genomförts har delar funnits som kan länkas samman till en fortsättning. Det finns möjligheter att vidareutveckla analysen av datamaterial som samlats in i detta projekt. En sådan fortsättning har möjlighet att, genom samförfattande, potential att bidra till en vetenskaplig artikel inom forskningsämnet naturvetenskapernas didaktik. En inbjudan att författa en artikel under våren 2021 har lämnats av en redaktion från tidskriften *Nordic Studies in Science Education* (NorDiNa).

Genom samarbetet har det framkommit att AR kan fungera som ett komplement till den undervisning som genomförs, men AR kan inte ses som ett ersättande verktyg till redan befintliga metoder i undervisningen. Ytterligare behov har identifierats. Ett exempel är att utveckla kunskap om hur AR, men även liknande digitala resurser, skulle kunna inkluderas som förstärkning i en omformad undervisningsmiljö. De krav som ställs på lärare i och med omställning till allt mer undervisning online är för många lärare nya. Ett särskilt intresse finns på undervisning som bedrivs i en

hybridversion, där digital och reell miljö blandas, så kallad *blended learning* (Harasim, 2012). I ett sådant scenario, som är aktuellt att införa idag, befinner sig några elever på plats med läraren, medan andra är online.

Hur bidrar projektet till forskningen inom området?

Även om förutsättningar verkar lovande för elever ska lära sig med hjälp av AR (Akçayir & Akçayir, 2017; Radu, 2014) i kemi så finns få studier som utgår från ett helhetsperspektiv. Däremot finns det flera studier som fokuserar på tillämpningar av den digitala tekniken AR. Dessa visar till exempel att AR kan vara enkelt att introducera (Plunkett, 2019). Vår studie har utgått från att AR kan påverka på flera plan och genom våra resultat har lärares och elevers relationer till undervisning, till kemiämnet och till digitala verktyg blivit betydelsefulla. Detta har gett nya insikter rörande effekter av införande av det digitala hjälpmedlet AR i form av en app i elevernas mobiltelefoner. För en lärare som vill utveckla sin undervisning behöver själva införandet av AR bearbetas systematiskt, för vilket planeringsverktyget T-CoRe har visat sig vara värdefullt. Även om utförlig planering finns har det som sker i själva undervisningen betydelse för utfallet. Detta är i sig väl beforskat i det ämnesdidaktiska forskningsfältet (ex. Loughran, m.fl., 2004), men inte då den digitala tekniken AR ger förutsättningar för planeringen.

Inom kemiämnet kan det vara svårt att visualisera molekyler tredimensionellt (3D). Det beror på att elever som arbetar med kemi behöver växla tänkande snabbt mellan makro-nivå (experiment och erfarenheter), submikro-nivå (atomer och molekyler) och symbolisk nivå (formler och modeller). Kemiämnet kan alltså upplevas abstrakt (Taber, 2013). För att stötta eleverna kan AR fungera som en brygga mellan det reella och det visuella. I flera forskningsstudier visas exempel från tillämpningar i undervisning visas att AR intresserar elever och att det är lättillgängligt för eleverna (t.ex. Bernholt, m.fl., 2019; Eriksen, m.fl., 2020). Resultat från denna studie ger liknande inblick, men kan även påvisa att införande av AR inte medför en större eller mindre utveckling av elevers kunskaper. Snarare är det så att oavsett vilka metoder som används (AR eller Kul och Pinn) så har lärarens mål med undervisningen stor betydelse då det formas av hur innehåll bearbetas.

I detta projekt har vi använt oss av en komplett AR-app. Denna form av AR applikation kan fungera väl då en sådan, enligt vår studie, varit enkel att introducera i undervisningen och har möjlighet att bredda användningsområdet. Ett exempel är att eleverna själva kan välja när de vill, oavsett tid och plats, ta fram den information de vill ha. Vid val av digitalt verktyg AR kan det vara värdefullt att beakta hur utformningen beaktar tillgänglighet och flexibilitet. Med det stora utbud av digital teknik som finns, kan därför kompletta AR appar vara att föredra.

Projektets resultat har under hösten 2020 presenterats på en forskningskonferens för naturvetenskapernas didaktik (Högström & Holm, 2020). Vid denna konferens, som leddes digitalt av Göteborgs universitet, deltog svenska och internationella forskare samt ett flertal lärare. I samband med konferensen gavs möjlighet att skicka in ett utvecklat manuskript för att bidra till ett temanummer i tidskriften NorDiNa. Den redaktion som bedömt relevans av dessa bidrag har erbjudit oss möjlighet att sända in en utvecklad artikel för vetenskaplig granskning. Vår avsikt är att fullfölja detta med ambitionen att ytterligare bidra till forskningsfältet.

Källor och fördjupningslitteratur

Akçayir, M. & Akçayir, G. (2017). Advantages and challenges associated with Augmented Reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11.

Bernholt, S., Broman, K., Siebert, S. & Parchmann, I. (2019). Digitising Teaching and Learning – Additional Perspectives for Chemistry Education. *Isr. J. Chem.*, 59, 554 –564. DOI: 10.1002/ijch.201800090.

Eriksen, K., Nielsen, B. & Pittelkow, M. (2020). Visualizing 3D molecular structures using an Augmented Reality app. *J. Chem. Educ.*, 97, 1487-1490.

Harasim, L. (2012). *Learning Theory and Online Technologies*. New York: Routledge.

Högström, P. & Holm, A.-S. (2020). *Lärares användning av Augmented Reality för utveckling av elevers lärande om molekylers strukturer i gymnasieskolans kemiundervisning*. FND 2020 11-12 november 2020. Digitalt från Göteborg. s. 9-10.

Loughran, J., Mullhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370–391. doi:10.1002/tea.20007

Nilsson, P., & Elm, A. (2017). Capturing and Developing Early Childhood Teachers' Science Pedagogical Content Knowledge Through CoRes. *Journal of Science Teacher Education*, 28(5), 406-424. DOI: 10.1080/1046560X.2017.1347980

Plunkett, K. (2019). A simple and practical method for incorporating Augmented Reality into the classroom and laboratory. *J. Chem. Educ.*, 96, 2628-2631.

Radu, I. (2014). Augmented Reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Pers Ubiquit Comput* 18, 1533–1543. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>

Skolverket. (2018). <https://larportalen.skolverket.se/#/modul/0-digitalisering/Gymnasieskola/513-Digitala-verktyg-i-naturvetenskap>. Hämtad 2020-04-30.

Taber, K.S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168. DOI: 10.1039/C3RP00012E

Vetenskapsrådet (2017). God forskningssed [Elektronisk resurs]. Stockholm: Vetenskapsrådet