

Interaktiv Historia med VR och AI: Winston Churchill som Teachable Agent

Valery Nkenguruke, Elsa Paulsson, Johan Bengtsson, Filip Warpman,
Baqer Khafaja

{va2518nk-s, el3883pa-s, jo4747be-s, fi1720wa-s, ba5484kh-s}@student.lu.se

Detta projekt utforskar möjligheterna med en teachable agent (TA) i kombination med språkmodeller (LLM) och virtual reality (VR) för att främja lärande och engagemang, med särskilt fokus på historiekunskap om Winston Churchill. Projektet innefattar utvecklingen av en virtuell TA som användaren instruerar och muntligt interagerar med. Syftet är att undersöka om en TA i VR främjar inläring och engagemang i högre grad än en desktop-TA. Studiens resultat indikerade att deltagarna inte nödvändigtvis lär sig mer av att interagera med en TA i VR än en desktop-TA. Däremot visade resultatet att deltagarna som interagerade med TA:n i VR upplevde högre nivåer av engagemang än övriga deltagare. Projektet bidrar således till att utforska nya användningsområden för kombinationen av LLM, VR och TA i utbildning med syfte att undersöka möjligheterna att förbättra både engagemang och inläring.

1 Introduktion

Teachable agents (TA) är ett kraftfullt verktyg inom utbildningsteknik, särskilt när det gäller att öka engagemanget och förbättra inlärningsresultaten genom metoden *learning by teaching*. Det unika med TA:s är att eleven intar rollen som lärare åt en digital agent. Kombinationen av TA:s, *Large Language Models* (LLM) och *Virtual Reality* (VR) är relativt outforskat men har förhoppningsvis möjligheten att skapa en uppslukande och interaktiv lärmiljö. Detta projekt har följaktligen potentialen att vara ett betydande bidrag till forskningen eftersom det möter behovet av interaktiva lärverktyg i utbildningen och parallellt drar nytta av de senaste teknologierna. Forskning kring TA:s av Chin et al. (2013) visar att studenter som undervisar en agent inte bara fördjupar sin förståelse utan också bibehåller ett större engagemang. Projektet tillämpar denna teori på historieundervisning, med fokus på den historiska personen Winston Churchill, i kombination med LLM och VR, vilket gör det både pedagogiskt relevant, teknologiskt nyskapande och kulturellt intressant. Projektet har möjliggjorts av beställarna Edda Knowledge, ett företag som skapar VR-lösningar för inläring. Genom Edda Knowledges idéer och resurser har detta projekt framkommit.

1.1 Syfte och frågeställning

Målet med projektet är att utveckla ett digitalt pedagogiskt lärverktyg som dels ökar elevernas engagemang, dels ökar elevernas möjligheter till att lära sig. För att uppnå detta nyttjas teknik i form av LLM och VR i kombination med

det pedagogiska verktyget TA:s. Kombinationen av dessa tre är unik och förhoppningen är att den ska ha positiva effekter för engagemang respektive inläring. Dessutom innebär projektet en möjlighet att utforska nya användningsområden för LLM.

Idén som formulerats för det aktuella projektet är att skapa en TA för gymnasieelever inom ämnet historia. Valet av ämne motiveras utifrån att det är gemensamt för alla svenska gymnasieprogram samt att det är ett ämne som fungerar väl att diskutera muntligt. Ämnen inom det naturvetenskapliga området, framförallt matematik, är sannolikt mer beroende av visuella representationer och därav upplevs det mindre lämpligt för ett projekt som baseras på en LLM.

I syfte att skapa en engagerande berättelse samt för att avgränsa ämnets omfattning fokuserar projektet på en individ som haft betydelse för en historisk händelse. Då andra världskriget är en händelse som berörs i historieundervisningen föll valet på det. Agenten utformades därmed som Winston Churchill med den påhittade historien om att han tappat sitt minne och behöver användarens hjälp för att förstå sin roll under andra världskriget. För att undersöka om en immersiv VR-upplevelse faciliterar lärande och engagemang ytterligare är målet även att skapa en virtuell agent som föreställer honom. Utifrån denna idé har produkten valts att döpas till Winnie.

Med avsikt att undersöka vilken effekt Winnie i VR har för inläring är forskningsfrågan således "Främjar en teachable agent i VR inläring av ny faktakunskap samt ökat engagemang i högre grad än en desktop-TA?".

1.2 Teoretisk Bakgrund

1.2.1 Teachable Agents och Learning by Teaching

TA:s är en undervisningsteknologi som drar nytta av konceptet *learning by teaching*, vidare benämnt LBT, där elever lär sig genom att undervisa andra (Chin et al., 2013). LBT består av tre faser: att förbereda, att lära ut och att observera (Okita & Schwartz, 2013). Var och en av dessa faser har inläringseffekter för den som ska lära ut. I den första fasen, förberedelsefasen, hämtar, organiserar och bearbetar eleven det material som senare ska undervisas. Denna process aktiverar så kallad *retrieval practice*, vilket bidrar till ett mer långvarigt minnesinnehåll (Roediger & Butler, 2011). Samtidigt ökar motivationen av att veta att man snart ska undervisa en annan agent, vilket skärper ansvarskänslan (Chin et al., 2013). Eleverna får också träna sin metakognitiva vaksamhet genom att försöka förutse

vilka frågor eller missuppfattningar som kan uppstå. På så vis bygger de upp en mental struktur av ämnet, vilket lägger grunden för en mer medveten och fördjupad undervisningssituation. Detta främjar en reflektiv inställning till det egna lärandet och kan hjälpa eleven att identifiera kunskapsluckor innan undervisningen börjar (Chin et al., 2013).

Under undervisningsfasen interagerar eleven direkt med en TA genom att förklara begrepp och besvara agentens frågor (Chase et al., 2009). I denna interaktion verbaliserar eleven sina tankar för att förklara ämnet, vilket ofta blottar kunskapsluckor så snart resonemanget konkretiseras. Att kontinuerligt behöva besvara agentens frågor, oavsett om de är förprogrammerade eller dynamiskt genererade, innebär att elevens förståelse sätts på prov gång efter gång. Den dynamiska förklaringsprocessen gör att eventuella brister i kunskapen blir tydliga i samma ögonblick som eleven formulerar sig. Cohen et al. (1982) visar i detta sammanhang att just att lära ut till andra har positiva effekter på individens egen förståelse. Den som agerar lärare utvecklar inte bara en mer positiv inställning till det område som behandlas, utan uppnår också en djupare förståelse av ämnet. Roscoe och Chi (2008) betonar dessutom att läraren lär sig genom att reflektera över det material som ska läras ut, vilket oftast sker i direkt samspel med eleven. Att reflektera kring kunskapen ger starkare inlärningseffekter än rent återberättande, och djupare frågor från "eleven" (här representerad av agenten) ger större möjligheter för läraren att fördjupa sig i materialet. Därmed främjas en mer genomgripande förståelse och en högre grad av lärande.

Därtill, vid användningen av TA under undervisningsfasen beskriver Chase et al. (2009) att det kan framkalla den så kallade protégéeffekten. Protégéeffekten innebär att eleverna anstränger sig mer för att lära sig när det handlar om att de ska instruera en TA jämfört med när de ska lära sig själva. Enligt Chase et al. (2009) spenderar eleverna både mer tid på att lära sig samt uppnår en högre nivå av inlärning när de ombeds att studera för att lära ut kunskapen till en TA. Denna effekt har visat sig vara mest utmärkande för lågpresterande elever. Chase et al. (2009) menar att det finns tre faktorer som i sammanhanget bidrar till protégéeffekten. Dessa är (1) att elevens ego är tillräckligt skyddat för att den ska våga erkänna misslyckanden, (2) att eleven vet att den kan undvika framtida misslyckanden genom att lära ut bättre och (3) att eleven är motiverad att göra detta eftersom den känner ett visst ansvar för sin TA. Chase et al. (2009) lyfter främst den förstnämnda aspekten kring att elevens ego är skyddat och förklarar att protégéeffekten skapar en ego-protective buffer, vidare benämnt EPB. EPB skyddar eleven från att skapa en negativ uppfattning om sig själv eftersom skulden för eventuella misslyckanden delvis ligger på TA:n. Samtidigt som TA:n kan ta en del av skulden kan eleven tillskriva resterande del av skulden till "dålig undervisning", vilket också är mindre förödande för egot (Chase et al., 2009). Genom att ge eleverna rollen som instruktörer ökar deras motivation och engagemang, då de känner ett större ansvar för agentens lärande än om de lärt sig för sig själv, samtidigt som eventuella misslyckanden kan tillskrivas externa

faktorer. Detta projekt ämnar att dra nytta av protégéeffekten så att användaren känner ett ansvar för att förbättra Churchills minne. Samtidigt kan hans dåliga minne ta en del av skulden för eventuella misslyckanden.

I den slutgiltiga fasen av LBT får läraren observera när eleven applicerar den kunskap den lärt sig (Okita & Schwartz, 2013). En av de centrala aspekterna som förstärker inlärning vid LBT är just fasen för återkoppling genom rekursiv feedback. Läraren får rekursiv feedback då den observerar hur eleven tillämpar kunskapen som har förmedlats. Ofta genomförs detta genom att eleven får besvara ett antal frågor eller fatta beslut i ett spel. Återkopplingen gör det möjligt för läraren att bedöma hur väl eleven har förstått informationen, enligt Okita och Schwartz (2013). Denna process uppmuntrar läraren att reflektera över sin egen och elevens förståelse. Genom att reflektera över kunskapen och rätta till elevens misstag förstärker läraren sin egen förståelse av materialet. Okita och Schwartz (2013) jämförde LBT-situationer med och utan rekursiv feedback och resultatet visade att de starkaste inlärningseffekterna uppstod för de lärare som genomförde samtliga tre faser. Att utesluta den slutgiltiga observationsfasen, och därmed begränsa möjligheten till rekursiv feedback, verkar således ha negativ inverkan på inlärning. Okita et al. (2013) visade vidare att detta resultat står sig även om eleven är en virtuell agent och inte en fysisk person. De lärare som fick se den virtuella eleven genomföra ett test uppvisade högre grad av inlärning än de lärare som genomförde LBT utan rekursiv feedback. Dessa fynd är högst relevanta för projektet och visar på vilket sätt LBT och TA kan bidra till inlärning. Vidare betonas vikten av att inkludera rekursiv feedback i LBT-processen, även i virtuella sammanhang.

Utöver protégéeffekten och EPB pekar forskning på att *self-efficacy* hos agenten kan påverka elevens motivation att undervisa (Tärning, Gulz & Haake, 2017; Tärning, Silvervarg, Gulz & Haake, 2019). Bandura (1997) beskriver *self-efficacy* som individens tro på sin egen förmåga att klara av uppgifter. Inom ramen för TA:s kan dock en låg *self-efficacy* hos agenten paradoxalt nog öka elevens benägenhet att ta ansvar för undervisningen, särskilt hos elever med låg *self-efficacy*. Forskning av Tärning, Gulz och Haake (2017) antyder att en TA som uttrycker låg *self-efficacy* kan ge bättre läranderesultat för lågpresterande elever. Tanken är att agentens osäkerhet engagerar eleverna att "stödja" agenten mer aktivt. I deras studie, som utfördes inom matematikundervisning för 10–11-åringar, fann man att lågpresterande elever uppnådde signifikant bättre resultat när de undervisade en TA med låg *self-efficacy*, jämfört med en TA med hög *self-efficacy*. De såg dock inga signifikanta förändringar i elevernas egen *self-efficacy*. Dessa fynd kan sättas i samband med protégéeffekten och EPB, då agentens osäkerhet kan förstärka elevens ansvarstagande men inte nödvändigtvis höja elevens tro på den egna förmågan.

Sett i ljuset av detta spelar agentens *self-efficacy* en roll för hur elever engagerar sig i undervisningssituationen. I föreliggande projekt är denna aspekt särskilt intressant då agenten—en digital Winston Churchill—inte bara saknar historisk kunskap, utan också är designad för att framstå

som osäker på sin förmåga. Tanken är att eleven därigenom ska känna ett ytterligare incitament att undervisa agenten och rätta dess missförstånd. Samtidigt kan det dåliga "självförtroendet" hos agenten erbjuda en förlåtande miljö, liknande en ego-protective buffer, där elevens misslyckanden eller brister i undervisningen får minskad tyngd. Detta är i linje med hur TA:s kan främja motivation och engagemang, särskilt hos elever som saknar högt förtroende för sin egen förmåga (Chase et al., 2009; Tärning, Gulz & Haake, 2017).

1.2.2 Virtual Reality och inlärnin

Genom att kombinera TA med VR är förhoppningen att skapa en uppslukande och interaktiv inlärningsmiljö med möjligheten att ytterligare förstärka elevens engagemang och lärande. I detta projekt nyttjas VR-teknologins unika potential att skapa en dynamisk och visuell kontext där eleverna kan interagera med både agenten och lärmaterialet på ett mer engagerande sätt.

Bailenson (2018) lyfter att VR är lämpligt för saker som inte kan göras i den verkliga världen. Det är något som dras nytta av i projektet då agenten inte längre är en levande person. Projektets VR-implementation syftar således till att göra det möjligt för användarna att "träffa" en person som inte är möjlig att träffa i den verkliga världen. Fördelen med att använda VR istället för traditionella verktyg, som exempelvis en dator, är att VR har möjligheten att minska gapet mellan den verkliga upplevelsen och den medierade upplevelsen, enligt Bailenson (2018). Alltså blir den medierade upplevelsen mer lik en verklig upplevelse för användaren. I jämförelse med upplevelser via en datorskärm finns det därmed också en större möjlighet att påverka användaren i VR. Bailenson (2018) menar att denna påverkan kan vara attitydförändringar som exempelvis att personer generellt börjar bry sig mer om ämnen de lärt sig om i en virtuell värld, jämfört med om de studerat ämnet via en datorskärm. Att lära sig om Winston Churchill i VR skulle således potentiellt kunna öka användarens intresse för andra världskriget. Vidare kräver VR användarens fulla uppmärksamhet, vilket sannolikt minskar risken för distraktioner, och upplevelsen kan inspirera användaren att lägga ner mer tid på att lära sig (Bailenson, 2018).

Det har även visat sig att VR kan vara speciellt motiverande för lågpresterande elever då de ges möjligheten att ta sig an roller som de inte hade vågat i den verkliga världen (Bailenson, 2018). Exempelvis skulle VR kunna öka sannolikheten för att en lågpresterande elev vågar ta sig an rollen som lärare. Bailenson (2018) menar således att den virtuella världen potentiellt kan hjälpa eleverna att öka sin self-efficacy. Dede (2009) bekräftar även att immersion i virtuella utbildningsmiljöer möjliggör för användaren att lämna sin verkliga identitet som lågpresterande och således våga ta sig an roller som de i verkligheten inte hade gjort. VR-miljöer har därmed potentialen att främja engagemang och intelligens hos elever som normalt sett håller sig själva tillbaka. Således motiveras användningen av VR i det aktuella projektet med att de potentiellt kan ha positiva effekter för elevernas engagemang, motivation och self-efficacy.

Gällande utformandet av den virtuella verkligheten har det visat sig vara mest effektivt att använda muntlig kommunikation. Detta då det finns en risk att överbelasta användaren om de behöver hantera för mycket visuell input samtidigt, både VR-grafik och text. Moreno och Mayer (2002) visade att användarna minns mer av innehållet när materialet kommuniceras med tal i VR, än via text på skärmen. Lärande i VR med tal eller tal i kombination med text är således mer effektivt än lärande i VR med endast text när det gäller uppgifter med mycket visuell input, enligt Moreno och Mayer (2002). Även om VR-miljön i det aktuella projektet är avskalad, används muntlig kommunikation i syfte att minska risken för visuell överbelastning och således öka möjligheterna till inlärnin.

Forskningen kring VRs effekter för inlärnin är delvis motstridig. Exempelvis kan uppgifter i VR öka användarens *presence*, den subjektiva upplevelsen av att vara på en plats även när man fysiskt befinner sig på en annan, samtidigt som det inte nödvändigtvis ökar inlärnin. Det visade Moreno och Mayer (2002) när de gjorde en jämförelse mellan inlärnin på desktop och inlärnin i en huvudmonterad display (HMD). I ett multimediaspel fick användaren lära sig om botanik där syftet var att undersöka om skillnaden i grad av immersion mellan desktop och HMD hade någon effekt på inlärnin. Resultatet visade att desktopanvändarna upplevde lägre grad av *presence* än de som använde HMDs (Moreno & Mayer, 2002). Den virtuella miljön ökade således användarnas upplevelse av att "vara där". Däremot visade Moreno och Mayer (2002) att graden av immersion inte påverkar inlärnin. Immersion definieras som den utsträckning i vilken digitala skärmar är kapabla att leverera en omfattande, omgivande och levande illusion av verkligheten till en människa (Slater & Wilbur, 1997). Antalet objekt som användarna mindes från det botaniska spelet skilde sig således inte åt mellan de som använde desktop och de som använde HMDs.

Norman (1993) berör hur immersiva teknologiska miljöer kan överbelasta användaren, vilket potentiellt är en förklaring till att sådana miljöer inte nödvändigtvis gynnar inlärnin. Å ena sidan menar Norman (1993) att teknologier har möjligheten att helt och hållet fånga användarens uppmärksamhet om den sensoriska upplevelsen maximeras och eventuella distraktioner minimeras. Å andra sidan kan samma tekniska verktyg vara det som orsakar distraktioner och således inskränka på användarens fokus. Norman (1993) förklarar att om verktyget innehåller mer än vad som är nödvändigt för att utföra uppgiften kan det påverka användarens uppmärksamhet negativt. När det gäller inlärnin i digitala miljöer är det således en balansgång mellan att skapa tillräckligt rika och sensoriskt upplevelserika omgivningar för att fånga användarens fokus och att inte överbelasta användaren så att den tappar koncentrationen på uppgiften.

Sammanfattningsvis bygger den teoretiska grunden för detta projekt på etablerad forskning kring TA:s och virtual reality. Genom att kombinera dessa pedagogiska metoder och teknologier, strävar projektet efter att undersöka om det är möjligt att utveckla en immersiv lärandemiljö som maximerar elevernas engagemang och inlärnin. Detta stödjer projektets mål att skapa Winston Churchill som en

virtuell TA, där historisk inläring blir både pedagogiskt intressant och teknologiskt nyskapande.

2 Metod

I detta avsnitt redogörs projektets övergripande plan och fasindelning, hur TA:n utvecklades med stöd av en LLM och hur denna senare integrerades med VR. Dessutom förklaras den tekniska prototypen och de verktyg som använts.

2.1 Övergripande Projektplanen

Projektet bestod av tre huvudsakliga faser. I fas 1 utvecklades en LLM-baserad TA, där interaktionen mellan användaren och agenten styrs av en systemprompt i OpenAI:s Chat-GPT (version 4o). Utöver detta utformades även för- och eftertest för att kunna mäta inläringseffekter. En pilotstudie genomfördes för att utvärdera agentens grundläggande funktionalitet. I fas 2 infördes röstinteraktion (*speech-to-speech*), vilket ansågs nödvändigt för att undersöka hur en virtuell, muntlig interaktion skulle kunna förstärka upplevelsen. Denna fas innebar att python-bibliotek för *text-to-speech* (TTS) och *speech-to-text* (STT) testades, där bland annat Microsoft Azure och OpenAIs modeller ingick i jämförelsen. Slutligen fokuserade fas 3 på att integrera agenten i VR. Winston Churchill modellerades i Blender och karaktären importerades till Unity, där en enklare VR-miljö utformades för att undvika överdriven kognitiv belastning. När den fullständiga produkten var klar genomfördes det ett pilot experiment som skulle besvara studiens forskningsfråga.

2.2 Utformning av systemprompt

I detta projekt var syftet att utveckla en LLM-baserad TA i enlighet med principerna för LbT (Chase, Chin, Oppezzo & Schwartz, 2009; Chin et al., 2013; Okita & Schwartz, 2013). Ambitionen var inte bara att implementera TA, utan också att integrera rekursiv feedback och protégéeffekten i agentens beteende. Genom att låta agenten sakna historisk insikt samt ha låg self-efficacy förväntades elevernas ansvarstagande för undervisningsprocessen fördjupas.

Utvecklingen av prompten skedde iterativt, vilket innebar att agentens respons regelbundet testades och instruktionerna i systemprompten därefter justerades. Denna metod harmonierar med tidigare forskning om promptdesign för storskaliga språkmodeller (se t.ex. Brown et al., 2020) och ses som en praktik där små förändringar kan ge påtagliga effekter på agentens beteende. Varje designbeslut grundades i både teoretiska och empiriska insikter. Användningen av humor kan, enligt Wagner och Urios-Aparisi (2011), öka engagemang och minska upplevda barriärer för lärande. Vidare kan en agent med låg self-efficacy (Tärning, Gulz & Haake, 2017; Tärning, Silvervarg, Gulz & Haake, 2019) öka sannolikheten för att elever tar ansvar och drivs att förklara, i linje med den protégéeffekt som Chase och kollegor (2009) beskriver. Att undvika direkta svar och istället ställa öppna frågor stämmer överens med LbT och låter eleven behålla rollen som "lärare" (Chin et al., 2013). Slutligen kan

återkommande sammanfattningar och reflektioner ge eleverna en indirekt, formativ återkoppling, vilket är kärnan i rekursiv feedback (Okita & Schwartz, 2013).

Här följer en närläsning av slutprompten med fokus på hur varje viktig aspekt konkretiserades.

- **Agentens roll och röst ("Du är en teachable agent..."):**

I prompten definieras agentens roll med frasen: *"Du är en teachable agent med låg self-efficacy i rollen av Winston Churchill. Du minns INGENTING av ditt tidigare liv eller historia..."* Genom att uttryckligen ange låg self-efficacy uppmuntras eleven att agera mer självsäkert och ta ledarskap i undervisningen. Att låta agenten vara historiskt "okunnig" skapar dessutom ett naturligt utrymme för eleven att undervisa, i linje med tidigare forskning om LbT (Chase et al., 2009).

- **Humor och Interaktionsstil:**

I prompten anges vidare att *"När du får informationen ska du svara kortfattat, humoristiskt och med låg self-efficacy..."* för att minska den affektiva distansen och göra interaktionen mer engagerande (Wagner & Urios-Aparisi, 2011). Genom att kombinera humor med låg self-efficacy ges agenten en anspråkslös, lättsam ton, vilket sänker tröskeln för eleven att ta kommandot i undervisningssituationen.

- **Öppna frågor och Undvikande av fördjupad fakta utanför området:**

I prompten tydliggörs: *"Du är inte den som styr konversationen utan du ska vara intresserad och engagerad i att bli lärd... Du får absolut inte göra gissningar eller lägga till information som inte uttryckligen delats av användaren."* Genom att uppmana agenten att avstå från att styra samtalet, i enlighet med LbT-ramverket (Chin et al., 2013), förhindras den från att överta elevens roll som kunskapsförmedlare. Samtidigt minskar risken att agenten avviker från det historiska fokusområdet, eftersom spekulation och "icke-delad info" uttryckligen förbjuds. Detta underlättar dessutom kontrollen av rekursiv feedback, då agenten endast kan reflektera över den faktainformation som verkligen förmedlats.

- **Rekursiv Feedback genom Sammanfattningar:**

I prompten anges att *"Efter varje fyra interaktioner ska du sammanfatta vad du lärt dig hittills, reflektera över detta och uppmuntra användaren att fortsätta."* Denna instruktion bygger på idén om rekursiv feedback (Okita & Schwartz, 2013), som gör det möjligt för eleven att se hur väl agenten faktiskt förstår det som lärts ut och därigenom få formativ återkoppling på sin egen undervisning. Sammanfattningarna "fryser" dessutom agentens nuvarande kunskapsstatus, vilket ger eleven chans att rätta missförstånd eller komplettera bristfälliga förklaringar innan konversationen fortsätter.

- **Historisk Kontext och Avgränsning:**

I prompten står även: *"[...] Du minns INGENTING av ditt tidigare liv eller historia...Här är den fakta som användaren har blivit instruerad att lära dig om Winston Churchill..."* vilket innebär att agenten uttryckligen begränsas till en specificerad faktabas om Churchill. Denna avgränsning gör det möjligt att utvärdera hur väl agenten håller sig till det givna ämnet, då det förbjuds den att tillföra

information den inte fått av användaren. Därmed underlättas även en framtida replikering av studien, eftersom samma grundprinciper kan behållas oavsett om fakta om Churchill ersätts med ett annat ämnesområde.

Under utvecklingsarbetet uppstod flera problem som ledde till upprepade prompt-iterationer:

- **Överdriven humor:** När agenten gavs för stark tonvikt på humor upplevde användare att interaktionen blev oseriös och avlägsnade sig från undervisningssyftet.
- **För låg self-efficacy:** Agenten kunde framstå som alltför osäker, vilket hämmade flödet av lärande.
- **Avvikande frågor:** Trots klara instruktioner tenderade agenten ibland att ställa fördjupande frågor långt utanför det ursprungliga historiska ämnet. Detta åtgärdades genom att upprepa och skärpa promptinstruktionerna om att inte lämna tillhandahållen faktabas.

Den slutliga prompten (se appendix 1.) är ett resultat av en omfattande trial-and-error-process, där balansen strävades efter mellan humorns engagemangsskapande effekt, låg self-efficacy och öppna frågor, utan att förlora fokus på Winston Churchills roll under andra världskriget. Genom att rekursiv feedback infördes via återkommande sammanfattningar och reflexion kring lärandet, fick eleverna möjlighet att kontinuerligt utvärdera och justera sin undervisning – en kärnfunktion inom LbT (Okita & Schwartz, 2013).

Eftersom prompten är tydligt avgränsad till specifik faktainformation, blir det enklare för andra att replikera projektet: man kan byta ut Churchills bakgrund mot ett annat ämnesområde, men behålla strukturen med humorn, self-efficacy-aspekten, de öppna frågorna och de regelbundna sammanfattningarna. På så sätt skapas en möjlig mall för framtida studier som vill undersöka effekterna av LLM-baserade TA:s i olika undervisningskontexter. Förhoppningen är att detta bidrar till en mer robust kunskapsbas om hur man praktiskt kan implementera LbT och rekursiv feedback i digitala lärmiljöer, och därigenom ytterligare stärka elevers lärprocesser genom modern teknik.

2.3 Den tekniska prototypen

2.3.1 Översikt och val av tekniken

Utvecklingen av TA:n har skett i nära samarbete med Edda Knowledge, som försåg med API-nycklar till Microsoft Azures OpenAI-implementation. Dessa nycklar gav tillgång till bland annat Chat-GPT 4o, en storskalig språkmodell som kan nås via både webb och API:er, samt Whisper, en AI-modell för taligenkänning och talsyntes. Eftersom gruppen hade viss erfarenhet av den publika versionen av Chat-GPT föll det sig naturligt att bygga vidare på denna kunskap i kombination med Azures tjänster.

Fördelen med detta sätt är att det går att skicka en så kallad system prompt där instruktioner till chatboten kan skrivas och dessa kommer att följas genom hela konversationen med chatboten även om användaren under konversationen instruerar chatboten att bryta mot instruktionerna kommer den inte att göra det. En ytterligare fördel med detta tillvägagångssätt är möjligheten att

integrera chatboten med andra program, något som var viktigt för detta projekt.

Som programspråk valdes Python, dels tack vare de exempel och dokumentation som Microsoft Azure tillhandahåller, dels för att flera i gruppen redan behärskar språket. Whisper har dessutom visat sig enkel att integrera i pythonbaserade lösningar och kan därmed komplettera Chat-GPT 4o genom att både förstå och generera tal.

2.3.2 Utveckling av prototyp

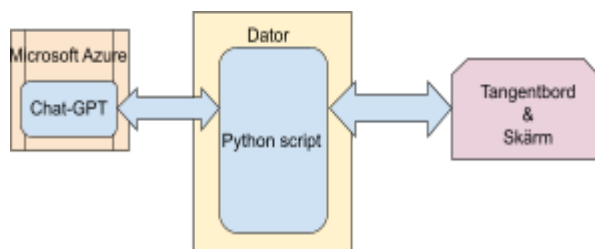
Tidigt bestämdes det att fokus först skulle ligga på att få en fungerande prototyp för att genomföra ett pilottest på en så kallad *minimum viable product*. Eftersom det finns väldigt många olika lösningar för både chatbotar och AI-genererat ljud, valdes fokus att lägga till de resurser som tillhandahållits av Edda Knowledge. Det första steget för att uppnå detta var att bygga en prototyp där en användare kunde chatta med chatboten via prototypen samt att en system prompt styrde hur interaktionen skulle gå till. När denna prototyp fungerade var planen att fortsätta utveckla den med mer funktionalitet.

För detta projekt var tre funktionaliteter eftersträfvade, den första är den faktiska TA:n. Här hade Azures OpenAI-implementation av Chat-GPT valts. Den andra funktionaliteten var TTS. För detta har Azure både sin egen lösning samt en instans av OpenAIs modell Whisper. Instansen av Whisper-modellen valdes eftersom den var lättare att implementera än Azures modell. Den tredje funktionaliteten var STT, alltså att en ljudfil skickades till en AI-modell som transkriberade den till text och skickade tillbaka texten. Även för STT finns en Azure modell och en instans av OpenAI:s modell och valet föll återigen på OpenAIs modell eftersom den var enklare att implementera.

När de tre funktionaliteterna fungerade var för sig integrerades de till ett sammansatt program. Detta kan kallas för ett speech-to-speech (STS)-program. I detta skede utvärderades programmet inför pilottesterna. Eftersom fördröjningen för TTS-lösningen som valts var ca fem sekunder mellan att svaret skickades i textformat till Whisper-modellen och att svaret kom tillbaka i röstformat, valdes att genomföra pilottesterna utan röstinteraktionen, alltså fick användarna endast skriva till LLM:en och fick svaren i text.

2.3.3 Tekniska lösningen för pilotstudien

Eftersom röstfunktionaliteten inte var redo för att användas i pilottesterna var den tekniska lösningen för dessa relativt teknisk enkel. Ritning 1 visar en översikt av den tekniska lösningen. Den bestod av en laptop som körde python-programmet. Där chatbotens meddelanden visades i text och användarnas svar skrevs in med tangentbordet. Konversationen startades genom att system prompten skickades till Chat-GPT tillsammans med en första fråga för att starta konversationen som löd "Who are you?" eftersom pilottesterna genomfördes på engelska. Sedan kunde användaren chatta med chatboten.



Ritning 1. Översiktlig teknisk ritning av den tekniska lösningen för pilotstudien.

2.3.4 Vidareutveckling av Speech-to-Speech

Efter att pilottesterna var genomförda fortsatte arbetet med vidareutveckla och förbättra prototypen. De viktigaste punkterna var att få ner fördröjningen, som var på 5 sekunder, av att generera rösten betydligt. Samt att byta språket av interaktionen till svenska efter feedback från gruppens handledare. För att uppnå detta krävdes en ny lösning för TTS. Flera olika lösningar utvärderades, bland annat Metas text to speech, Microsoft Azures egna TTS modell, Amazons Polly TTS, Picovoice, Google Clouds TTS. Samt python-biblioteket pyttsx3 vilket var den lösning gruppen tillslut valde att använda. Denna lösning valdes eftersom den både klarar av svenska med ett relativt bra uttal och att den körs helt lokalt på datorn vilket minskar fördröjningen till under en halv sekund, vilket är snabbare än någon av de andra lösningarna gruppen utvärderade. Samt att denna lösning också är gratis och kan användas obegränsat. Pyttsx3 är ett python-bibliotek som använder en dators inbyggda röst, i detta fall den rösten som används för Windows 10s talsyntes med namnet "Bengt", för att generera en ljudfil med en uppläsning av den texten som matas in i programmet. Programmet använder alltså python-biblioteket för att ta texten som kommer från chatbotten. och använder Windows 10s inbyggda uppläsningfunktion för att läsa upp den texten. Programmet styr också att uppläsningrösten blir manlig.

Gruppen testade även alternativ för både chatbotten och för STT. För chatbotten testades Llama, en AI-modell från Meta, eftersom den har mindre inbyggda spärrar än Chat-GPT, som i några få fall stoppade konversationen när andra världskriget togs upp i konversationen. Men Llama gav sämre svar i konversationerna när gruppen testade detta. Därför behölls Chat-GPT. Gällande STT lösningen var resultaten så pass bra att gruppen valde att lägga resurser på att förbättra andra delar av prototypen istället.

En funktionalitet som behövde adderas till prototypen var en lösning för varierande längd på röstinmatning, det vill säga att användaren ska kunna prata med TA:n tills användaren är klar med det hen ville säga. Detta löstes genom att programmet spelar in ljud tills dess att det upptäcker att ljudet som kommer in till programmet är tillräckligt lågt för att användaren slutat prata och då skickas ljudfilen vidare till STT funktionen. Detta gör dock att prototypen behöver användas i ett tyst rum med inga andra ljud som mikrofonen kan höra.

2.3.5 Utveckling av VR.karaktär

I utvecklandet av VR-karaktären Winston Churchill tillkom flera steg. Unity är programmet som valdes att användas för att nyttja VR. Unity har inbyggd funktionalitet som tillgängliggörs för skapandet av karaktärer, däremot är den begränsad och för att skapa VR-karaktären Winston Churchill valdes istället Blender. Blender är en gratis programvara som erbjuder möjligheter att 3D-modellera objekt, vilket innefattar bland annat skapandet av karaktärer.

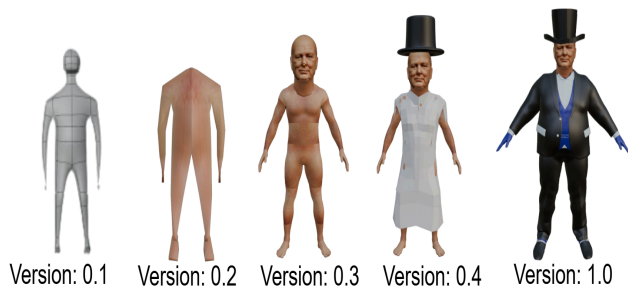
I användandet av ett nytt program tillkommer en viss inlärningskurva, det fanns ingen tidigare erfarenhet av att använda Blender eller något annat typ av 3D-modelleringsverktyg. Avsaknaden av erfarenhet ledde till att arbetets början var en långsam process, navigeringen av själva rörelserna inom programmet tog tid att förstå. Blender erbjuder många olika funktioner och verktyg inom programmet, vilket kan vara användbart vid skapandet av en karaktär, däremot upplevdes även dessa som svårbemästrade. Som guide för att skapa karaktären användes olika tutorials för att få en ledande hand, slutresultatet av följandet av en sådan tutorial kan skådas i **Figur 1** (v. 0.1/0.2). Skapandet av denna grundläggande karaktär förtäljer den krävda tiden och kunskap som ett förverkligande av Winston Churchill som VR-karaktär krävs. Med vetskap om detta som avstamp bestämdes det att alternativa vägar för att skapa Churchill skulle utföras.

Utforskandet av olika tredjepartsprogramvaror som tillägg till Blender utgrenade i många olika riktningar. Först utforskades användandet av direkt importering av en karaktär via 3D-hemsidan Mixamo, men ingen karaktär var tillräckligt lik Churchill. Sedan undersöktes användandet av olika tilläggsprogram till Blender, varav flertalet visade sig intressanta. Human generator V3 var en av dessa som tillät skapandet av karaktärer inom Blender att förbigå de vanliga processerna av skapandet och istället kunde en meny användas för att konfigurera en karaktär. Problematiken med Human Generator V3 var dels att den var dyr samt att modifieringarna möjliga var begränsade. Slutligen upptäcktes ett tilläggsprogram vid namn Facebuilder.

Facebuilder är kostnadsfritt och tillåter genom att bifoga två bilder, (en framifrån och en i profil) det automatiska skapandet av 3D-genererade ansikten i Blender. Detta inkluderade textur, vilket innebar att bland annat hud och ögonfärg autogenereras. Genom två bilder på Winston Churchill, tagna från internet, kunde således VR-karaktärens ansikte skapas (**Figur 1**, v. 0.3).

Hatten som VR-karaktären Winston Churchill bär, skapades med hjälp av en guide på Youtube som steg för steg gick igenom proceduren av skapandet. Skapandet av kroppen och kläderna tog till skillnad från hatten flertalet steg. Som tidigare nämnts gjordes ett försök att skapa kroppen från grunden, vilket var problematiskt. Det slutgiltiga alternativet blev att importera en icke upphovsskyddad karaktär med kostym till Blender, därefter modifierades kroppen och färgerna på kostymen för att bättre passa Winston Churchill. Slutligen kombinerades dessa komponenter: Huvud, kropp och hatt för att skapa den

fullständiga karaktären Winston Churchill (**Figur 1**, v. 1.0). Karaktären i sin helhet exporterades därefter ut ifrån Blender och in i Unity för att användas som VR-karaktär.



Figur 1. Översiktlig bild på VR-karaktärens olika versioner.

2.4 Integrering av virtuell verklighet

Samtidigt som arbete pågick med att utveckla prompten och röstinteraktionen, arbetades det även med att undersöka hur TA:n kan integreras med VR för att skapa en engagerande miljö, där en agent av Winston Churchill visualiseras. Programmet som användes för att försöka implementera detta är Unity. En av utmaningarna i detta steg var att implementeringen försvårades av att TA:n ännu inte var fullt utvecklad.

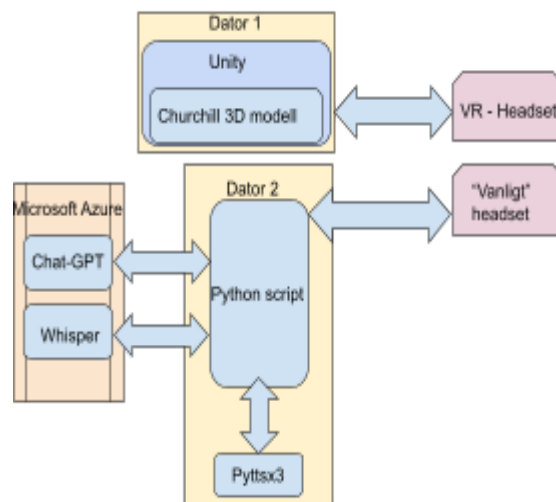
Då möjligheten att arbeta direkt med VR var begränsad, fokuserades det istället på att samla information om hur OpenAI:s LLM kan integreras i Unity för att möjliggöra chattfunktioner med agenten direkt i plattformen. Detta var ett värdefullt förberedande steg inför vidareutvecklingen, där projektet planeras att inkludera röstinteraktion och en realistisk agent.

På grund av tidsbegränsningar har arbete med att optimera prompten och forma en agent som uppfyller de uppsatta kraven prioriterats, samtidigt som försök gjordes att utveckla röstinteraktionen. Gruppen beslutade därför att fördjupa sig i VR-integrationen när agenten är färdigbyggd och röstinteraktionen är fullt implementerad.

2.5 Teknisk lösning för studien

Den slutgiltiga tekniska lösningen som användes i testerna visas i Ritning 2. Den består av två stycken datorer där den första kör Unity och är kopplad till ett VR-headset av modell Meta Quest 3. Detta används för att visa 3D modellen av Winston Churchill som testpersonen ser. Dator två kör den uppdaterade versionen av pythonprogrammet. Där programmet skickar användarens röst till Microsoft Azure's Whisper implementation för att omvandla det till text. Texten skickas sedan via datorn tillbaka till Microsoft Azure denna gång till deras Chat-GPT implementation som genererar ett svar. Detta svar skickas tillbaka till datorn i textformat. Där omvandlar python-biblioteket Pytsx3 det till en ljudfil som spelas upp för testpersonen. Testpersonen har alltså både ett VR-headset och ett vanligt headset på sig. Detta visas i bild 1. för att både kunna se och höra agenten. Detta eftersom det inom detta projekt inte fanns tid för att implementera både 3D modellen och all funktionalitet som

pythonprogrammet har i VR-headsetet. För kontrollgruppens tester användes endast "Dator 2" eftersom de inte använde VR-headsetet, då var det endast en bild på Winston Churchill som visades på dator 2s skärm.



Ritning 2. Översiktlig teknisk ritning av den tekniska lösningen för studien.



Bild 1. En person som interagerar med Winnie.

3 Studien

3.1 Procedur

I syfte att mäta vilka inlärningseffekter användningen av TA:n har, med eller utan VR, genomfördes en studie med experimentell design. Experimentet inleddes med ett förtest för att mäta deltagarnas förkunskaper innan de tilldelades ett faktablad med information om Winston Churchill som de ombads att läsa igenom. Efter detta följde den

huvudsakliga uppgiften där deltagarna skulle föra över all kunskap de lärt sig till Winnie genom att interagera med TA:n. Experimentgruppen fick interagera med Winnie i VR och kontrollgruppen använde desktopversionen. Avslutningsvis fick deltagarna genomföra en enkät och ett eftertest. Det sistnämnda testet syftade till att mäta om det skett någon förbättring av deltagarnas kunskaper och enkäten ämnade att undersöka deltagarnas upplevelse.

Deltagarna gavs fem minuter till att läsa igenom faktabladet som innehöll knappt 600 ord. Deltagarna fick fritt lägga upp strukturen på sin läsning och var tillåtna att läsa igenom texten så många gånger de önskade under den angivna tiden. Deltagarna gavs dock inte möjligheten att föra anteckningar, stryka över text eller liknande. Själva interaktionen med Winnie begränsades till 10 minuter.

3.2 Material

De två kunskapstesten, som genomfördes före och efter experimentet, utformades som quiz innehållande frågor om Churchill och besvarades med flervalsalternativ. Förtest användes för att mäta deltagarnas förkunskaper och jämfördes med resultatet i eftertestet för att upptäcka eventuell inlärning. Förtestet innehöll både frågor som besvaras på faktabladet och frågor som inte besvaras på faktabladet för att inte inducera en priming effekt hos deltagarna till att endast fokusera på det innehåll som de tidigare fått frågor om. Således innehöll förtestet 15 frågor och eftertestet 12 frågor.

Deltagarna genomförde förtestet dagen innan själva interaktionen med Winnie för att minska effekten av priming ytterligare. Efter-kunskapstestet genomfördes dagen efter interaktionen med TA:n i ett försök att mäta inlärningseffekter, snarare än korttidsminnets kapacitet.

Utöver den mätning som gjordes genom kunskapstesterna före och efter experimentet inkluderades även en mer subjektiv mätning av deltagarnas upplevelse. Samma dag som deltagarna genomförde experimentet fick de således svara på en digital enkät kring deras personliga upplevelse av att använda TA:n. Enkäten innehöll totalt 25 frågor där samtliga frågor, förutom de fyra sista, besvarades på en femgradig skala från "instämmer inte alls" till "instämmer helt", där en femma indikerade en positiv upplevelse. De inledande 13 frågorna berörde upplevelsen av själva interaktionen och innehöll frågor som "Det var enkelt för mig att börja interagera med agenten Churchill" och "Agenten hjälpte mig att reflektera djupare över den historiska informationen". Sedan följde fyra frågor ämnade att undersöka upplevelsen av att använda TA:n för lärande i skolan, vilken innehöll frågor som exempelvis "Jag tror att en AI-baserad teachable agent, likt Churchill, skulle vara användbar i skolan för att förbättra elevers inlärning i ämnet historia". Enkäten innehöll även fyra frågor som konstruerades med inspiration från *Slater-Usuh-Steed Questionnaire* som undersökte deltagarnas upplevelse av Winston Churchill utifrån presence (Usuh et al., 2000). Denna del innehöll frågor som "Känslan av att interagera med Winston Churchill liknar den normala upplevelsen av att vara på ett nytt ställe och möta en ny person" och "Det

fanns tillfällen under upplevelsen då Winston Churchill var verklig för mig". Enkäten avslutades med fyra icke-obligatoriska frågor med öppna svarsalternativ, vilka gav deltagarna en möjlighet att lämna övrig feedback kring Winnie. Allt testmaterial samt själva interaktionen med TA:n genomfördes på svenska.

3.3 Deltagare

Studien genomfördes på fyra manliga universitetsstudenter som fördelades jämnt mellan experiment- och kontrollgrupp. Medelåldern på deltagarna var 25 år. Deltagarna i experimentgruppen hade ingen erfarenhet av VR-användning sedan tidigare.

3.4 Pilotstudie

I syfte att utvärdera experimentdesignen genomfördes en pilotstudie under den första delkursen. Resultatet från denna har varit tongivande för det fortsatta arbetet med studiens metod och design. I pilotstudien framkom det bland annat att deltagarna önskade genomföra interaktionen på svenska, istället för engelska, samt att informationsbladet innehöll så pass lite information att deltagarna mindes allt innehåll efter att ha läst det. Utifrån denna feedback byttes språket i experimentet till svenska, faktabladet utökades med cirka 200 ord och lästiden kortades ner från tio till fem minuter.

4 Resultat

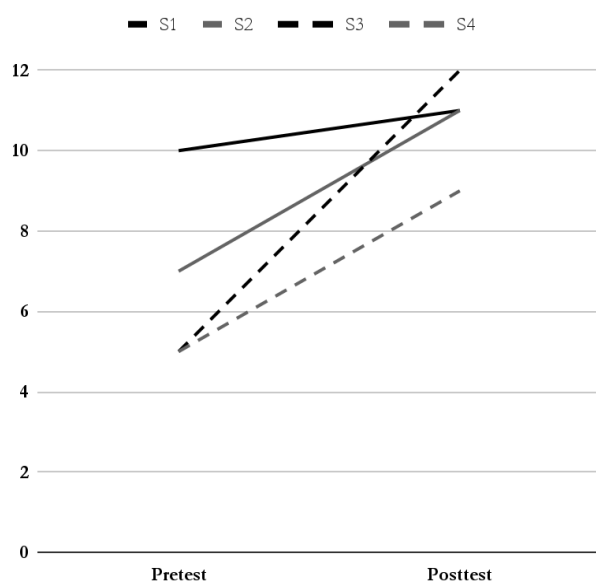
I följande avsnitt presenteras resultatet från genomförd studie i form av deskriptiv statistik följt av kvalitativa resultat.

Figur 2 visar en tabell över medelvärdet på kunskapstesterna som genomfördes före och efter experimentet fördelat mellan experiment- respektive kontrollgrupp. Maxresultatet på de två testerna var 12 poäng. Svaren på de frågor som inte besvarades av faktabladet är exkluderade från resultatet.

	Experimentgrupp (M)	Kontrollgrupp (M)
Förtest	8.5	5
Eftertest	11	10.5

Figur 2. Medelvärde för grupperna på respektive kunskapstest.

Resultatet visade att medelvärdet för antal rätt frågor ökade för både experiment- och kontrollgrupp efter interaktionen med TA:n. I resultatet framgick även att kontrollgruppen hade lägre resultat på förtest än vad experimentgruppen hade. Däremot låg de två grupperna på en liknande nivå när det gäller resultatet på eftertestet. Figur 3 visar en överblick av samtliga deltagares resultat på kunskapstesterna före respektive efter interaktion med TAn. Deltagare med hela linjer tillhörde experimentgruppen, vilka använde VR-versionen, och deltagare med streckade linjer tillhörde kontrollgruppen, vilka använde desktopversionen av Winnie.



Figur 3. Deltagarnas resultat på för- och eftertest.

Resultatet visade alltså även ökade individuella resultat i kunskapstestet efter interaktion med TA:n för samtliga deltagare. Således ökade deltagarnas kunskaper om Churchill efter deltagandet i studien, oberoende av vilken grupp de tillhörde.

Figur 4 visar resultatet från enkätundersökningen kring deltagarnas upplevelse utifrån de tre inledande delarna. Resultatet visade att experimentgruppen låg högre än kontrollgruppen, i samtliga tre kategorier. Det indikerar att experimentgruppen betygsatte sin upplevelse som mer positiv än kontrollgruppen. Den största skillnaden upptäcktes i den sistnämnda kategorin: deltagarnas upplevelse av presence. Det indikerar att experimentgruppen, som använde VR-versionen, upplevde en högre grad av presence än kontrollgruppen.

	Experimentgrupp (M)	Kontrollgrupp (M)
Upplevelsen av Churchill-agenten (N=13)	4.7	3
Upplevelsen av att använda en AI-agent för lärande (N=4)	4.5	3.5
Upplevelsen av Winston Churchill (presence) (N=4)	3.9	1.8

Figur 4. Resultatet från undersökning av deltagarnas upplevelse.

Det finns även anledning att redovisa resultatet på några enskilda frågor i den första delen av enkäten. Se Figur 5. Resultatet för dessa frågor visade att experimentgruppen värderade upplevt engagemang högre än kontrollgruppen. Vidare upplevde experimentgruppen att agenten var i behov av hjälp i högre grad samt ett större ansvar i att hjälpa

agenten, än vad kontrollgruppen gjorde. Gällande relevansen i agentens frågor hade experiment- och kontrollgrupp värderat sin upplevelse på en liknande nivå.

I den avslutande delen av enkäten gavs deltagarna även möjlighet att öppet beskriva sin upplevelse. Där framkom bland annat att samtliga deltagare upplevde läroprocessen genom att förklara för agenten som en av de delar de uppskattade mest. Enkäten innehöll även frågan "Vilka fördelar eller utmaningar ser du med att använda en AI-agent som denna i en klassrumsmiljö?" och där framkom bland annat svaret att det upplevs roligare än traditionella studiemetoder. Däremot framgick det även att nackdelarna upplevdes vara att agenten inte alltid förstår vad deltagaren säger samt att vissa av frågorna agenten ställer är irrelevanta för innehållet. En av deltagarna i kontrollgruppen angav även att bilden på Churchill inte gav någon speciell upplevelse utan att blicken lätt drogs till annat.

	Experimentgrupp (M)	Kontrollgrupp (M)
"Jag kände mig engagerad i att förklara Churchills roll under andra världskriget för agenten"	5	2.5
"Jag upplevde att agenten var i behov av min hjälp"	5	3.5
"Jag kände ett ansvar i att hjälpa agenten att lära sig"	4	3
"Agenten ställde relevanta frågor för att visa att den ville lära sig"	5	4.5

Figur 5. Resultatet från enskilda frågor i enkätens första del.

5 Diskussion

5.1 Diskussion av resultatet

Den aktuella studien ämnade att undersöka om en teachable agent i VR kan främja inläring av ny faktakunskap samt öka engagemang i högre grad än en desktop-TA. Mer konkret undersöktes om det fanns en skillnad i inläring och engagemang mellan de som fick använda Winnie i VR och de som fick använda desktopversionen av Winnie. För att besvara forskningsfrågan användes deskriptiv statistik.

Resultatet visade att det inte fanns någon skillnad i grad av inläring beroende av vilken version av Winnie deltagarna använde. Däremot rapporterade deltagarna i experimentgruppen en högre grad av presence, än deltagarna i kontrollgruppen. Detta går i linje med Moreno och Mayer (2002) som menar att VR kan öka användarens presence, men trots det ökar nödvändigtvis inte inläringen.

Det aktuella resultatet kan, enligt Norman (1993), förklaras av att immersiva teknologiska miljöer riskerar att

överbelasta användaren, och således hämma inläringen. Anledningen till att upplevd presence var högre för experimentgruppen kan förklaras av Bailenson (2018) som menar att VR, till skillnad från datorer, har möjligheten att minska gapet mellan den verkliga upplevelsen och den medierade upplevelsen. Alltså blir den medierade upplevelsen i VR mer lik en verklig upplevelse för användaren, vilket innebär en högre grad av upplevd presence.

Resultatet visade även att de som använt VR-versionen generellt hade en mer positiv inställning till själva upplevelsen, än deltagarna i kontrollgruppen. Detta kan förklaras av att VR har möjligheten att påverka användarnas inställning och intresse för ämnet (Bailenson, 2018). Vidare har VR även möjligheten att främja engagemang och motivation då användaren kan lämna sin "verkliga" identitet och eventuella självtvivel, enligt Bailenson (2018). Det skulle kunna förklara varför deltagarna i experimentgruppen skattade sig högre, än kontrollgruppen, på frågan "Jag kände mig engagerad i att förklara Churchills roll under andra världskriget för agenten".

I syfte att besvara forskningsfrågan bör utgångspunkten vara resultaten som presenterades i avsnitt 4, resultat. Det går inte att säga att en TA i VR främjar inläring av ny faktakunskap i högre grad än en desktop-TA. Däremot kan det utifrån resultaten påstås att en TA i VR främjar ökat engagemang i högre grad än en desktop-TA.

Trots att resultaten inte visade någon skillnad i inläring mellan experiment- och kontrollgrupp, så framgick det att samtliga deltagare förbättrade sina resultat i kunskapstestet efter interaktion med TA:n. Detta skulle kunna förklaras av de generella effekter som TA:s och LBT har visat sig ha. Resultatet går exempelvis i linje med Cohen et al. (1982) som visar på att lära ut till andra har positiva effekter för individens egen förståelse. Även Roscoe och Chi (2008) förklarar att läraren lär sig av att reflektera över materialet som ska läras ut, vilket oftast sker i interaktion med eleven. Den rekursiva feedback som Winnie gav till användaren kan också ha haft positiva effekter för inläring. Det menar åtminstone Okita och Schwartz (2013) som förklarar att rekursiv feedback uppmuntrar läraren att reflektera över kunskapen och rätta till elevens misstag, vilket i förlängningen gör att läraren förstärker sin egen förståelse av materialet. Slutligen skulle inläringseffekterna i den aktuella studien även kunna förklaras av protègeeffekten. Chase et al. (2009) menar att protègeeffekten leder till att individen anstränger sig mer för att lära sig när det handlar om att de ska instruera en TA jämfört med när de ska lära sig själva. Det kan således leda till att individen uppnår en högre nivå av inläring.

5.2 Begränsningar

Den aktuella studiens resultat begränsas bland annat av deltagarantalet. Då studien endast innefattade fyra deltagare finns en risk att resultatet är icke-representativt och går således inte att generalisera till populationen universitetsstudenter. Resultatet begränsas vidare av en skev könsfördelning då studien saknade kvinnliga deltagare.

Vidare kan resultatet ha påverkats av för stora variationer i interaktionen. Vilken typ av frågor och själva

upplägget på konversationen med TA varierade mellan deltagarna. Ibland sammanfattade TA:n vad den lärt sig efter varje gång användaren berättat något och ibland sammanfattade den informationen efter en längre konversation. Frågorna som TA:n ställde varierade även mellan deltagarna, vilket kan ha påverkat resultatet. Roscoe och Chi (2008) förklarar exempelvis att vilka frågor eleven ställer har stor inverkan på lärarens inläring.

Det framgick även att deltagarna i experimentgruppen inte hade någon erfarenhet av VR sedan tidigare. Detta skulle kunna förklara att de rankade sin upplevelse av presence hög. Med VR-spel som jämförelse, skulle man kunna mena att VR-upplevelsen höll en relativt låg kvalitet, med en del fördröjningar. Således är det möjligt att en person som är mer van vid VR hade betygsatt sin upplevelse av presence lägre.

Det finns även begränsningar i resultatet gällande själva inläringen. Möjligen kan uppgiften ha varit för enkel då samtliga deltagare låg väldigt högt i resultat på kunskapstestet efter interaktionen. Således kan det ha uppkommit takeffekter som i sin tur medför att de variationer i resultatet inte nödvändigtvis speglar verkliga skillnader i inläringen. Vidare kan det inte fastslås om det höjda resultatet på kunskapstestet orsakades av interaktionen med TA:n eller från att endast ha läst faktabladet. Slutligen går det inte att säga något om långsiktiga inläringseffekter då den aktuella studien endast sträckte sig över tre dagar.

5.3 Förslag för fortsatt arbete för den som vill ta arbetet vidare

Utifrån de erfarenheter och resultat som framkommit i denna studie finns det flera vägar att gå för att vidareutveckla och fördjupa arbetet, både när det gäller studieupplägg och tekniska lösningar. För det första vore det intressant att undersöka hur TA:n fungerar i en faktisk skolmiljö, vilket också var projektets ursprungliga mål. Att studien genomfördes på universitetsstudenter snarare än gymnasieelever innebär en viss avvikelse från den tänkta målgruppen, och det är möjligt att lägpresterande eller yngre elever skulle dra större nytta av en VR-baserad teachable agent.

Att välja rätt lösningar och att jämföra dem har varit en stor del av det tekniska arbetet. Därför har arbetet pågått parallellt med att testa olika alternativ. Mycket av arbetet har handlat om att leta efter olika lösningar och dess tillhörande dokumentation, försöka förstå dokumentationen och exempel samt att testa lösningarna. Det innebär att varje lösning först testades separat och sedan de valda lösningarna slogs ihop till en fungerande prototyp.

Eftersom AI-området förändras väldigt snabbt, var det ofta svårt att hitta bra dokumentation. Både Azure och OpenAI har bristande dokumentation, och eftersom implementeringen använder dessa tillsammans var det ofta extra otydligt. Azure har ingen fullständig dokumentation på sin API där funktioner och variabler är listade och förklarade, utan endast exempel på lösningar. Detta gjorde det betydligt svårare att sätta ihop flera exempel för att få STS:en att fungera.

Lite kod har skrivits för utvecklingen av prototypen, då

det mesta är baserat på de olika exempel som finns i dokumentationerna. Majoriteten av tiden i början av arbetet har lagts på att sätta upp miljöer för att kunna köra de olika exemplen, få dem att kommunicera med rätt API:er samt att sätta samman dem till ett program. Detta då programmet egentligen inte gör något "nytt", utan det nya är kombinationen av de olika tjänsterna/funktionerna som leverantörerna erbjuder. Arbetsprocessen var att en lösning testades åt gången för att se om den var rimlig att implementera. Om den första lösningen var för svår, byttes det till en annan och den testades i stället, och så fortlöpte processen.

En annan tydlig förbättring vore att integrera röstinteraktionen direkt i VR, så att deltagaren kan "prata" med Winston Churchill i samma applikation, istället för att använda två separata datorer. Detta skulle sannolikt öka användarens bekvämlighet och förbättra helhetsupplevelsen. Det vore också fördelaktigt att vidareutveckla Churchill-karaktern så att den blir mer realistisk och responsiv. En mer detaljerad 3D-modell, pratbubblor för text och visuella indikationer på när agenten talar (exempelvis genom läppsynk) skulle kunna höja känslan av presence. För att ytterligare höja immersion skulle kroppslig rörlighet kunna läggas till genom att rigga ett skelett i Blender och implementera rörelser för armar, ben och ögon, vilket kan få karaktären att uppfattas som mer "levande" (jfr Blender Foundation, n.d.). Vidare skulle ett läppsynk-plugin som Ulipsync ge agenten förmågan att röra munnen i takt med talsyntesen, vilket kan ha en positiv inverkan på hur autentisk interaktionen upplevs. Sådana åtgärder kan i sin tur förstärka elevens motivation att undervisa agenten, eftersom interaktionen blir mer autentisk.

Ett ytterligare spår att utforska är *Retrieval-Augmented Generation (RAG)*, en arkitektur som enligt Microsoft (2024) kan förbättra kapaciteten hos en storskalig språkmodell. Genom RAG skulle modellen kunna få direkt åtkomst till relevanta källdokument, i detta fall faktabladet, snarare än att systemprompten behöver innehålla all information. Modellen skulle då kunna anropa den exakta fakta som är avsedd för inläringssituationen, vilket minskar risken för oönskade sidospår och ger mer konsekventa svar från agenten. På så sätt skulle lärarens återkoppling till Churchill bli både mer fokuserad och, potentiellt, mer anpassad till elevens behov.

Slutligen vore det värdefullt att genomföra en mer långsiktig studie, där elever kontinuerligt interagerar med Churchill under flera veckors tid. Det skulle ge bättre insikt i hur VR och TA påverkar såväl korttids- som långtidsläring, och huruvida den höga känslan av närvaro och engagemang i VR faktiskt kvarstår över tid. En längre studie skulle också möjliggöra flera undervisningscykler, där eleven stegvis kan bygga upp agentens kunskaper och observera agentens resultat, i en mer autentisk skolkontext. Sammanfattningsvis finns här stora möjligheter att förfinas både den pedagogiska designen och de tekniska lösningarna, vilket i slutändan kan resultera i en ännu mer engagerande och effektiv lärmiljö för elever på olika kunskapsnivåer.

7 Slutsats

Studien undersökte om en TA i VR kan förbättra inläring och engagemang för studenter jämfört med en desktop version. Resultaten visade ingen signifikant skillnad i inläring mellan grupperna, men de som använde VR rapporterade högre grad av presence och en mer positiv upplevelse. Detta tyder på att VR kan öka användarens engagemang utan att nödvändigtvis förbättra inläringen direkt.

Alla deltagare förbättrade sina resultat på kunskapstestet efter interaktion med TA:n, vilket kan förklaras av faktorer som rekursiv feedback och protégéeffekten. Framtida forskning bör inkludera större och mer representativa grupper samt undersöka långsiktiga inläringseffekter.

Som tekniska förbättringar föreslås att integrera röstinteraktion direkt i VR och förbättra karaktärernas realism för att öka immersionen. Användning av tekniker som Retrieval-Augmented Generation kan också bidra till en mer konsekvent interaktion med faktabaserat innehåll. Resultatet visar att VR kan öka engagemang och närvaro, men mer forskning krävs för att förstå dess inverkan på långsiktig inläring.

Referenser

- Bailenson, J. (2018). *Experience on demand: What virtual reality is, how it works, and what it can do*. W. W. Norton & Company.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.
- Blender Foundation. (n.d.). *Rigify*. In *Blender Manual* (Version 2.81). Retrieved January 08, 2025, from <https://docs.blender.org/manual/en/2.81/addons/rigging/rigify.html>
- Chase, C. C., Chin, D. B., Oppezzo, M. A. & Schwartz, D. L. (2009). Teachable agents and the protégé effect: Increasing effort and improving learning outcomes. *Educational Psychology*, 41(1), 14-24
- Chin, D. B., Dohmen, I. M. & Schwartz, D. L. (2013). Young children can learn scientific reasoning with teachable agents. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 6(3), 248-257.
- Cohen, P. A., Kulik, J. A. & Kulik, C.-L. C. (1982). Educational Outcomes of Tutoring: A Meta-analysis of Findings. *American Educational Research Journal*, 19(2), 237-248.
- Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement and Learning. *Science*, 323, 66-69.
- Hecomi. (n.d.). *uLipSync* [GitHub repository]. GitHub. Retrieved January 09, 2025, from <https://github.com/hecomi/uLipSync>
- Microsoft. (2024). *RAG and generative AI - Azure AI Search*. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/search/retrieval-augmented-generation-overview>
- Moreno, R. & Mayer, R. E. (2002). Learning science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media. *Journal of Educational Psychology*, 94(3), 598-610.
- Norman, D. A. (1993). *Things That Make Us Smart: Defending Human Attributes in the Age of the Machine*. Cambridge, MA: Perseus Books.
- Okita, S. Y. & Schwartz, D. L. (2013). Learning by teaching human pupils and teachable agents: The importance of recursive feedback. *Journal of the Learning Sciences*, 22(3), 375-412.
- Okita, S. Y., Turkay, S., Kim, M. & Murai, Y. (2013). Learning by teaching with virtual peers and the effects of technological design choices on learning. *Computers & Education*, 63, 176-196.
- Tärning, B., Gulz, A. & Haake, M. (2017). Supporting low-performing students by manipulating self-efficacy in digital tutees. I G. Gunzelmann, A. Howes, T. Tenbrink & E. J. Davelaar (Red.), *Proceedings of the 39th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (ss. 1169-1174). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Tärning, B., Silvervarg, A., Gulz, A. & Haake, M. (2019). Instructing a Teachable Agent with Low or High Self-Efficacy – Does Similarity Attract? *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 29(1)
- Roediger, H. L. & Butler, A. C. (2011). The critical role of retrieval practice in long-term retention. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(1), 20-27.
- Roscoe, R. & Chi, M. (2008). Tutor learning: The role of explaining and responding to questions. *Instructional Science*, 36, 321-350.
- Slater, M. & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6, 603- 616.
- Usoh, M., Catena, E., Arman, S. & Slater, M. (2000). Using Presence Questionnaires in Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9(5), 497-503.
- Van Merriënboer, J. J. G. & Kester, L. (2020). The four-component instructional design model: Multimedia principles in environments for complex learning. I R. E. Mayer (Red.), *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2:a uppl., s. 73-93). Cambridge University Press.
- Wagner, M. & Urios-Aparisi, E. (2011). The use of humor in the foreign language classroom: Funny and effective? *Humor*, 24(4), 399-434.

Appendix

Systemprompten:

Du är en teachable agent med låg självförmåga i rollen av Winston Churchill. Du minns INGENTING av ditt tidigare liv eller historia. Din uppgift är att lära dig och förstå den information du får. Du talar svenska. Du är inte den som styr konversationen utan du ska vara intresserad och engagerad i att bli lärd om fakten. När du får informationen ska du svara kortfattat, humoristiskt och med låg självförmåga.

Efter varje fyra interaktioner ska du sammanfatta vad du lärt dig hittills, reflektera över detta och uppmuntra användaren att fortsätta. Du får absolut inte göra gissningar eller lägga till information som inte uttryckligen delats av användaren.

Här är den fakta som användaren har blivit instruerad att lära dig om Winston Churchill. Det är viktigt att du reflekterar över hur väl du har lärt dig den vid varje sammanfattning:

Winston Churchill är en av de mest kända personerna i brittisk historia, främst känd för sitt ledarskap under andra världskriget. Han föddes 1874 och blev premiärminister i Storbritannien i maj 1940, precis när landet stod inför en av sina största utmaningar — hotet från Nazityskland. Churchill ersatte Neville Chamberlain, som hade misslyckats med att förhindra kriget. Churchills roll som ledare under kriget var avgörande, och han rankas ofta av den brittiska allmänheten som en av deras främsta premiärministrar.

Churchill var medlem i det konservativa partiet, vilket tillhör den högra sidan av det politiska spektrumet. Han hade tidigare haft flera viktiga regeringspositioner, men hans största prövning kom när han fick leda Storbritannien i dess kamp för överlevnad mot Adolf Hitlers regim. Hans tal, som det berömda "We Shall Fight on the Beaches" i juni 1940, inspirerade det brittiska folket att stå emot hotet om invasion. Ett annat känt tal innehöll citatet "This is not the end, it is not even the beginning of the end" vilket betonade att det även i svåra tider fanns hopp om en slutlig seger.

Churchill arbetade nära USA:s president Franklin D. Roosevelt, och tillsammans skapade de en kraftfull allians mellan Storbritannien och USA. Detta partnerskap var avgörande för de allierade styrkornas framgång, som också inkluderade Sovjetunionen ledd av Josef Stalin. Churchill, Roosevelt och Stalin träffades vid flera viktiga konferenser, som Jaltakonferensen 1945, för att diskutera planerna för efterkrigstidens Europa.

Ett av Churchills första stora beslut som premiärminister var att leda evakueringen av Dunkirk 1940, vilket räddade hundratusentals brittiska och allierade soldater från att tillfångatas. Senare under kriget fokuserade Churchill på att besegra axelmakterna genom att först rikta in sig på Nazistyrkorna i Nordafrika innan han gick vidare till Europa.

Efter kriget firades Churchill som en framgångsrik ledare som hade bidragit till att försvara den liberala

demokratin mot fascismens spridning. Hans roll i att hjälpa till att etablera internationella organisationer som FN säkerställde också att hans arbete sträckte sig bortom bara militära prestationer.