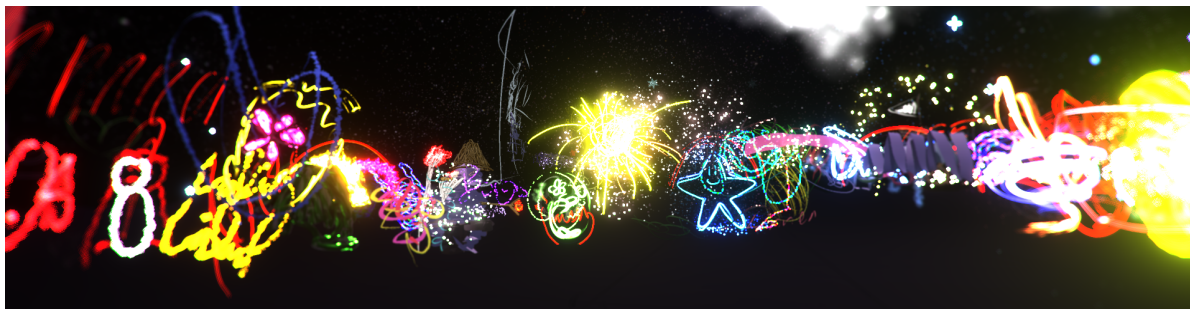




GÖTEBORGS UNIVERSITET



# Lärande i VR

Återkallning av information från en virtuell miljö

## Learning in VR

Recollection of information from a virtual environment

Jessica S. Karlsson  
Leo Norre Möller

Kandidatuppsats i Kognitionsvetenskap

Rapport nr. 2017:124



# Abstrakt

Virtual Reality, eller VR, är en emergerande teknologi som erbjuder en kontaktyta för utvecklandet av nya, mer effektiva lärandeverktyg. Även om teknologins framtid ser lovande ut, finns det anledningar till att förvänta sig en problematisk påverkan på de kognitiva processerna. Immersiv VR tillåter användaren att uppleva den virtuella miljön som om den vore den *riktiga världen*, detta är den subjektiva upplevelsen som kallas presence. Vår huvudsakliga hypotes i denna uppsats är att miljön inom vilken information presenteras, påverkar hur minnet av informationen formas. En kombination av dessa två synsätt får oss att anta att informationen i VR kommer att vara svårare att återkalla när upplevelsen av den virtuella miljön upphör. För att undersöka detta har vi utfört ett experiment där skillnaden mellan två lärandesituationer jämfördes. För alla 60 försökdeltagarna presenterades en lista med 25 ord som de senare blev ombudade att återkalla. I en av betingelserna, där orden blev presenterade för försökdeltagarna i en virtuell miljö, skedde en förändring av miljö mellan inkodning och återkallning. Antalet korrekt återkallade ord jämfördes senare med antalet ord som återkallades av en kontrollgrupp. Jämförelsen av resultaten visade ingen skillnad mellan betingelserna. Från detta dras slutsatsen att återkallning av inlärd information, i VR, inte är begränsad till den virtuella miljön. Detta är i direkt motsättning till vad som kan härledas från vår hypotes.

Nyckelord: Lärande, kontext, kontextberoende minne, presence, immersion, VR, VE, virtuell miljö

# Abstract

Virtual Reality, or VR, is an emerging technology that offers a platform for the development of new, more efficient educational tools. While the technology holds many promises, there is reason to suspect that the impact on cognitive processes may be problematic. Immersive VR allows the user to experience the virtual environment as if it was the *real world*, this subjective experience is called presence. The main hypothesis for this thesis is that memory formation is dependent on the context in which it is presented. Combining these two views leads us to assume that information learned in VR will be more difficult to recall when the experience of the virtual world ends. To examine this, we conducted an experiment which compared the difference between two learning environments. All 60 participants in the experiment were presented with a list of 25 words which they were later asked to recall. In one of the conditions, in which the words were presented to the participants in a virtual environment, a change of environment between encoding and recollection was introduced. The number of correctly recalled words were then compared to those recalled by a group in a control condition. No difference was found in the comparison of the different conditions. This leads us to the conclusion that recollection of information learned in VR is not confined to the boundaries of the virtual environment. This is the opposite from what our research hypothesis would lead us to believe.

Keywords: Learning, context, context-dependent memory, presence, immersion, VR, VE, virtual environment.

# Förord

Det är med ett gemensamt intresse för VR-technikens framtida användningsområden, framförallt inom lärande och utbildning, som vi har utfört detta examensarbete.

Varje del av rapporten har bearbetats och korrekturlästs av oss båda, men i stora drag har Leo varit huvudansvarig för de delar som hanterar VR, presence och immersion och Jessica för de delar som hanterar minnet. Trots denna uppdelning anser vi i slutändan att vi är lika ansvariga för alla delar i rapporten. Detsamma gäller för utformningen och utförandet av experimentet.

Vi finner att det har varit en mycket lärorik och givande erfarenhet att ha fått arbeta med VR. Framförallt givande har det varit att ge många av våra försöksdeltagare sin allra första VR-upplevelse.

# Tack Till

Vår studie hade aldrig kunnat genomföras utan den utrustning och lokal som vi fick använda oss av. Därför vill vi säga ett stort tack till Mattias von Feilitzen för all hjälp med detta. Ett stort tack till vår handledare Mikael Jensen som givit oss insiktsfulla idéer och tankar vilka gav oss möjligheten att förbättra vårt arbete. Vi vill även tacka alla de som deltagit i vår studie. Bilden på förstasidan är en målning som försöksdeltagarna gemensamt har skapat, i VR-applikationen Tiltbrush.

<b>1 Inledning</b>	<b>1</b>
1.1 Problembakgrund	1
1.2 Problemdiskussion	2
1.3 Syfte	3
1.3.1 Forskningsfråga	3
1.3.2 Hypotes	4
1.4 Avgränsningar	4
<b>2 Bakgrund</b>	<b>5</b>
2.1 VR-användarens upplevelse	6
2.2 Det kontextberoende minnet	8
2.2.1 Arbetsminnet	9
2.2.2 Begränsad lagringsplats	10
2.3 Tidigare Forskning	12
2.3.1 Immersion och presence	12
2.3.2 Miljöns påverkan på minnet	12
2.3.3 Kontextberoende minne och presence	13
2.4 Sammanfattning	14
<b>3 Metod</b>	<b>15</b>
3.1 Val av metod	15
3.1.1 Pilotstudie	15
3.1.2 Utvärdering av pilotstudie	16
3.2 Utformning av huvudstudie	16
3.2.1 Urval	18
3.2.2 Material	18
3.2.3 Val av virtuell miljö	19
3.2.4 Ordlista	20
3.3 Procedur	20
3.3.1 Mätning	22
3.4 Etik	22
3.5 Validitet och Reliabilitet	22
3.5.1 Allmänna faktorer	22
3.5.2 Specifika faktorer	23
<b>4 Resultat</b>	<b>24</b>
4.1 Resultat för den virtuella miljöns påverkan	24
4.2 Resultat för VR-glasögonens fysiska påverkan	25
4.3 Återkallningsfrekvens av de olika orden	25
<b>5 Diskussion</b>	<b>27</b>
5.1 Den virtuella miljöns påverkan på inlärande	27
5.2 Generell tolkning av lärandekontext	30
5.3 Kritik mot experimentet	30
5.4 Förslag till framtida studier	31
<b>6 Slutsats</b>	<b>33</b>
<b>7 Referenser</b>	<b>34</b>
<b>Bilagor</b>	<b>38</b>

# 1 Inledning

Tekniska verktyg för att komplettera människans kognition har utvecklats sedan människan lärde sig att kommunicera. I dagens samhälle tillåter våra tekniska verktyg oss att kommunicera med i princip vem som helst i hela världen. Utvecklingen av *Virtual Reality* (VR) teknik skapar möjligheter för att vi i framtiden ska uppleva att vi befinner oss i en miljö som är en annan än den vi fysiskt befinner oss i. Hur en sådan upplevelse kommer att påverka vår kognition är än så länge relativt oklart eftersom mätningar på subjektiva upplevelser, som ingen tidigare har upplevt, är svåra att göra (Cummings & Bailenson, 2016).

Syftet med denna studie är att undersöka VR-teknikens påverkan på minnet och lärande. Att skapa virtuella miljöer för lärande kan tänkas vara ett troligt framtidsscenario - men hur påverkas förmågan att återkalla minnen av att växla mellan fysiska och virtuella miljöer?

Genom att anta en position som utgår från en generell tolkning av vad som utgör en *lärandekontext*, det vill säga att alla rådande förhållanden i en inkodningssituation har relevans för återkallningen, vill vi undersöka om återkallningen blir sämre på grund av miljöförändring.

## 1.1 Problembakgrund

Virtual Reality (Janlert, 2017) och *Augmented Reality* (AR) (Förstärkt verklighet, 2016, 16 juli) förutspås att redan år 2020 utgöra en marknad med en årlig omsättning på över 100 miljarder dollar (Digi-Capital, 2016). Tekniken erbjuder nya sätt för människor att interagera med digital information, och är redan idag applicerat inom en mängd olika områden. Under 2016 lanserades Google Expeditions som erbjöd lärare att ta sina elever på virtuella utflykter (Google Expeditions, 2016). Pokémon Go, utvecklat av Niantic, är ett annat exempel på hur VR/AR tekniken kan användas för interaktion mellan den virtuella och den fysiska världen (Pokémon GO, 2016).

Författarna av den här uppsatsen anser att VR och AR, inom en snar framtid, kommer att göra inträde på marknaden för nya lärandeverktyg. Tekniken erbjuder helt nya sätt att interagera med information, vilket medför potentiella problem och förutsättningar för våra kognitiva processer. Ett potentiellt problem skulle vara att information som presenteras i en virtuell miljö inte återkallas lika bra utanför den virtuella miljön. För att undersöka detta potentiella problem, tar studien som utgångspunkt att minnet är kontextberoende, det vill säga att kontexten inom vilken information presenteras påverkar minnet och lärandet (Anderson, 2015). Vi ser detta som ett

relevant perspektiv att anta när det handlar om utvecklandet av virtuella miljöer som kontaktytor för informationsdelning. Godden och Baddeley (1975) visade att återkallning av specifik information försvåras ju mindre förhållandena vid inkodningstillfället liknar förhållandena vid återkallningstillfället. Att förändring av förhållandena mellan inkodning och återkallning leder till försämrad återkallning är utgångspunkten för den här uppsatsen. Det teoretiska angreppssättet som används i denna uppsats för att undersöka detta är att miljön, inom vilken lärandematerial presenteras, utgör en del av kontexten och således kodas in tillsammans med lärandematerialet.

## 1.2 Problemdiskussion

Vad vi menar med en lärandekontext, i relation till minnet som kontextberoende, går att se ur två perspektiv. Det första perspektivet ger en mer generell tolkning som inte skiljer på olika typer av information vid ett inkodningstillfälle, det andra ger en mer specifik tolkning där typen av information, som ingår i en kontext, organiseras utifrån vilken typ av information det är.

Den generella tolkningen styrks av en studie av Godden och Baddeley (1975), där det tydligt visas på att en förändring av miljö mellan inkodningen och återkallningen har en signifikant effekt på mängden återkallad information (se del 2.3.2). Den mer specifika tolkningen innebär däremot att olika typer av stimuli, till exempel visuell eller auditiv, bearbetas av olika minnessystem (se del 2.2). Enligt den specifika tolkningen ska kontexten även tolkas i förhållande till vilken typ av information som bearbetas i minnessystemen.

Den specifika tolkningen medför att sättet som minnet påverkas av kontexten, ska ses som en följd av hur information av olika karaktär förhåller sig till varandra. Visuell information från en lärandekontext bearbetas alltså inte ihop med den auditiva informationen. I detta perspektiv förväntar vi oss inte att se någon skillnad som en direkt konsekvens av miljöförändring mellan inkodnings- och återkallningstillfället.

I denna uppsats används den generella tolkningen av minnet som kontextberoende för att undersöka vilken påverkan en virtuell inkodningsmiljö har på återkallningsprocessen. Användningen av virtuella miljöer i lärandesituationer kan komma att få en hög användbarhet i framtiden. Denna uppsats fokuserar på att finna ett av de potentiella problem som bör hanteras eller tas i beaktning.

Om återkallningen skulle visa sig bli begränsad som en följd av förändrad miljö mellan inkodning och återkallning kan en slutledning vara att informationen inte är lagrad i minnet. Detta är inte nödvändigtvis fallet. Istället kan det visa på att förändringen av miljö, mellan



inkodningstillfälle och återkallningstillfälle, medför att mängden information som går att återkalla blir lägre. Detta kan tänkas vara viktigt i vissa sammanhang, exempelvis när studiemiljö skiljer sig från miljön vid ett examinationstillfälle.

VR-tekniken har potential att erbjuda djupare inkodning genom immersion - ersättning av sinnesintryck genom tekniska verktyg - och presence - en subjektiv upplevelse av att befinna sig på en annan plats (se del 2.1) för mer detaljerad beskrivning). Med detta i beaktning tycks det finnas goda skäl till att undersöka om några negativa effekter för lärandet uppstår till följd av att lärandematerial presenterats i en virtuell miljö.

## 1.3 Syfte

Syftet med denna studie är att ta reda på huruvida lärande i en virtuell miljö på något sätt begränsar återkallandet av informationen till den virtuella miljön. Om en sådan effekt föreligger är detta något som utvecklare av lärandeverktyg till VR behöver göras medvetna om.

Intresset av VR för vår del ligger just i teknikens potentiella användning som lärandeverktyg. Tekniken kan bidra till att göra undervisning mer interaktivt, exempelvis genom att presentera lärandematerial i virtuella världar (Immersive VR Education, 2014). En annan möjlighet är att ge en rikare upplevelse för elever som, av diverse anledningar, inte kan gå på lektioner och behöver ta del av dem senare.

### 1.3.1 Forskningsfråga

De frågeställningar som ligger till grund för den här studien är:

- Påverkas lärandet negativt av att lärandematerial presenteras i virtuella miljöer?
- Hämmas återkallningen av lärandematerial till följd av en miljöförändring mellan inkodningstillfället och återkallningstillfället?

Vi är specifikt intresserade av själva applikationsområdet för VR-tekniken inom utvecklandet av lärandeverktyg. Således syftar vi med vår forskningsfråga till att undersöka om återkallning av lärandematerial uppvisar en kvalitetskillnad mellan en virtuell och en icke-virtuell lärandemiljö.

### 1.3.2 Hypotes

Vår huvudsakliga hypotes är att miljön inom vilken information presenteras, påverkar hur minnet av informationen formas. Miljön utgör i sig en egen kontext och allting som dyker upp i miljön ingår i den kontexten. En lärandekontext utgörs av både lärandematerial och miljön inom vilken materialet presenteras.

En virtuell miljö som presenteras för en användare via immersiv teknologi utgör en kontext. Således kommer användaren att ha svårare att återkalla lärandematerial, som presenterats i en virtuell miljö, när den virtuella miljön inte längre är tillgänglig för användaren.

## 1.4 Avgränsningar

Vår uppfattning är att det finns flera tänkbara sätt på hur vår minnesförmåga skulle kunna bli påverkad av introduktionen av virtuella miljöer. För att undersöka hur en virtuell miljö påverkar inlärning kommer vi, i denna studie, endast använda teknik som avskärmar användaren från den fysiska verkligheten när användaren interagerar med den virtuella miljön. Med AR-teknik blir användaren inte avskärmad från den fysiska världen, därför har användandet av VR-teknik valts för att undersöka den virtuella miljöns påverkan på minne och lärande.

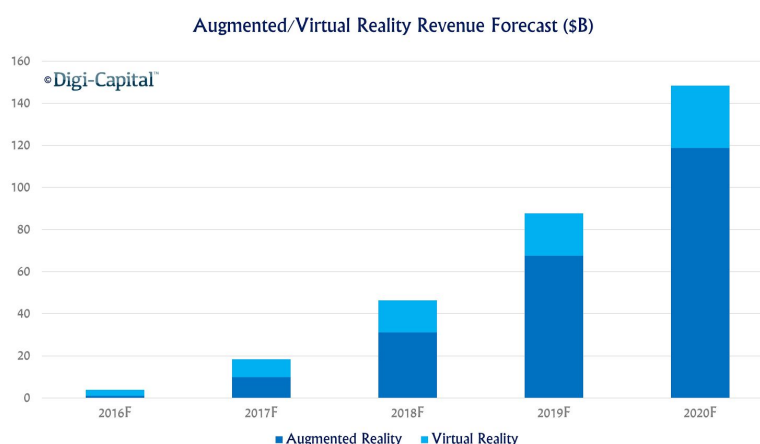
Lärandematerialet som försöksdeltagarna skulle lära sig bestod av enskilda ord och studien kan således inte uttala sig om alla olika typer av information som skulle kunna utgöra lärandematerial i virtuella miljöer.

## 2 Bakgrund

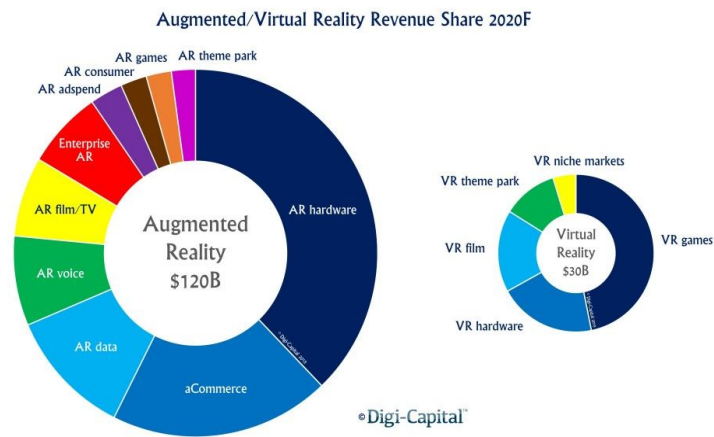
VR- och AR tekniken är på väg att göra inträde i många människors vardag. I en viss utsträckning har AR redan gjort det via framförallt Pokémon GO (2016), ett populärt mobilspel, som trots att det nästan har gått ett år sedan lanseringen, fortfarande har 65 miljoner aktiva användare varje månad (Smith, 2017, 19 april). I år uppskattas det att VR och AR industrin ska redovisa en omsättning omkring 20 miljarder dollar (figur 1, figur 2). Stora aktörer som Facebook, Google och HTC satsar, bland annat, på att utveckla AR/VR användningen. Uppskattningar om industrins framtida, årliga, omsättning varierar i storlekar mellan 45 miljarder dollar/år vid år 2025 (Goldman Sachs, u.å.) till 120 miljarder dollar/år redan år 2020 (Digi-Capital, 2016).

Dessa företag kan tänkas vara intresserade av att blåsa upp förväntningarna för VR-tekniken av flera anledningar och uppskattningarna bör därför tolkas med detta i beaktning.

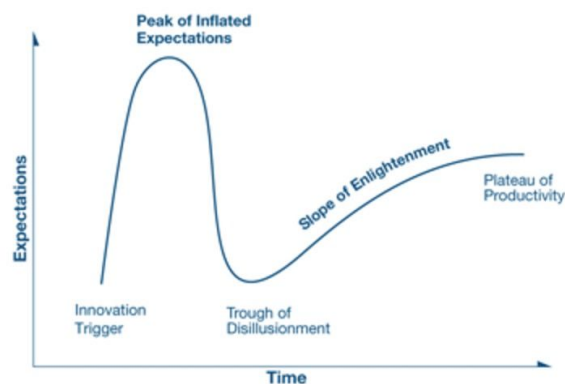
Forskningsföretaget Gartner (u.å.) anser dock att VR-teknologin har passerat en kritisk period i utvecklingen, med sin *hypecykel* (eng. *hype cycle*)(figur 3). Hypecykeln används som beslutsstöd, till företag och investerare, för att motverka tendenserna att överskatta den kortsiktiga lönsamheten för emergerande teknologier samt att underskatta den långsiktiga. Den kritiska perioden kallas *'through of disillusionment'* (Gartner, u.å) och producenter av teknologier som befinner sig här tenderar att bli kortvariga. Om de kvarvarande producenterna lyckas förbättra sina produkter fortsätter investeringar att göras i teknologin. Detta är vad som, enligt Gartner (u.å.), har hänt för VR-teknologin.



**Figur 1.** Figuren är en uppskattning på AR och VR industrins framtida, årliga omsättning i miljarder (Digi-Capital, 2016).



**Figur 2.** Figuren visar inom vilka områden AR och VR marknaden enligt projektionen kommer att vara lönsamma, och i vilken utsträckning vid år 2020 (Digi-Capital, 2016).



**Figur 3.** Figuren visar hypecykelns olika faser (Gartner, u.å.).

## 2.1 VR-användarens upplevelse

VR syftar till de datoranimerade 3D-miljöer som användare kan interagera med via någon form av kompatibel teknologi (Janlert, 2017). VR är inte per definition begränsat till visuella miljöer - en datoranimerad miljö med enbart auditiv information skulle också utgöra en VR-miljö. Av speciellt intresse för oss är implikationerna bakom begreppen *immersion* och *presence* och deras betydelse inom VR. Detta är två begrepp som vi upplever används synonymt av många som är intresserade av VR-teknik, och riskerar därför att leda till missförstånd. Vi finner det således nödvändigt att operationalisera begreppen. Vi börjar med immersion så som begreppet kommer att användas i denna rapport och därefter gör vi detsamma med presence.

Vi utgår från Cummings och Bailensons (2016) användning av begreppet immersion. Författarna skriver följande:

“Immersion can be regarded as a quality of the system’s technology, an objective measure of the extent to which the system presents a vivid virtual environment while shutting out physical reality. By this account, the technological level of immersion afforded by the VE system facilitates the level of psychological presence.” (s. 274)

Termens ursprungsbetydelse kommer, enligt Oxford Dictionary, från latin och har ursprungsbetydelsen *att bli doppad i* något och på engelska syftar det vanliga användandet till att bli nedsänkt i någon vätska (Immersion, u.å).

Immersion handlar, enligt Cummings och Bailenson (2016), om den grad till vilket ett tekniskt system ersätter eller blockerar den fysiska omgivningens påverkan på sinnesintrycken. Ett system som presenterar en virtuell miljö via både hörlurar och VR-glasögon är mer *immersivt*<sup>1</sup>, än vad ett system som enbart presenterar en virtuell miljö via VR-glasögon är. Det är alltså det tekniska systemets förmåga att förmedla en virtuell miljö som avgör graden av immersion. Media med högre potentiell immersion anses av många erbjuda en högre nivå av presence enligt Cummings och Bailenson (2016) och de lyckas i sin metastudie visa på att immersiv teknik har en medelstor effekt på upplevd presence samt att olika typer av immersiv teknik har olika stor effekt.

En virtuell miljö, som förmedlas via ett immersivt system, har möjligheten att utgöra en miljö inom vilken en användare kan uppleva presence. Begreppet presence syftar på den subjektiva upplevelsen av att befinna sig någon annanstans än där man faktiskt är. I sin artikel går Schuemie, Van Der Straaten, Krijn och Van Der Mast (2001) igenom en mängd olika definitioner av begreppet och hur det vanligtvis används. Inom VR menar Schuemie et al. (2001) att termen oftast används med betydelsen att “människor anses vanligtvis uppleva presence i en immersiv virtuell verklighet när de rapporterar en känsla av att vara i den virtuella världen” [*vår översättning*](s. 184) .

Termen har sitt ursprung i begreppet *telepresence* som används för att beskriva upplevelsen av att vara på en annan plats än den man är på. På samma sätt som immersion bedöms enligt en skala där ett system kan vara mer eller mindre immersivt kan vi se på en virtuell miljö i kombination med ett immersivt system som att det kan erbjuda en användare mer eller mindre presence (Cummings & Bailenson, 2016).

Cummings och Bailenson (2016) utförde en metaanalys på 83 studier där presence identifierades genom självrapportering av försöksdeltagarna, och kunde genom detta utreda hur stor

---

<sup>1</sup> Eftersom ett svenskt uttryck för immersion saknas så gör vi som brukligt när det gäller nya teknologiska termer och använder svengelska.

effekt skillnader i immersion påverkade deras rapporterade nivå av presence. De fann att effektstorleken mellan olika typer av immersiv teknik hade olika stor effekt, samt att immersion som helhet hade en medelstor effekt på rapporterad nivå av presence.

Sammanfattningsvis vill vi med detta stycke konkludera att ju bättre immersion ett system erbjuder, desto bättre möjlighet för en användare att uppleva presence i en, via systemet presenterad, virtuell miljö. Denna slutsats är vad som driver forskningsfrågan eftersom den innebär att upplevd presence i en virtuell miljö medför en upplevd förändring av miljö hos en användare. Med den generella tolkningen av vad som utgör en kontext (se del 1.2) följer att en sådan upplevd förändring är en förändring av kontext. Det är denna upplevda förändring av kontext vi vill använda oss av för att undersöka om en virtuell miljö har en kontextberoende effekt på minnet.

## 2.2 Det kontextberoende minnet

Återkallning leder inte alltid till de minnen vi sökte från första början. Enligt Daniel Reisberg (2013) behöver vi återkalla lagrade minnen med hjälp av minnesspår (eng. *cues*). Minnesspår skapas när *målminnen* (specifik lagrad information) får en koppling till den nya informationen som ska kodas in. Inkodning och återkallning kopplas således ihop, något Reisberg (2013) beskriver på följande sätt:

“När du lär dig någonting, skapar du kopplingar mellan det nya materialet och andra representationer som redan finns i ditt minne. Dessa kopplingar hjälper dig, eftersom de kan hitta den nya informationen vid ett senare tillfälle”. [*vår översättning*](s. 200)

Vid försök att återkalla specifika minnen, tycks det vara vanligt att använda fel minnesspår (Anderson, 2015). För att ett minnesspår ska vara användbart behöver det associeras med målminnet redan vid inkodningen, detta gör att återkallning av målminnet blir mer effektivt (2015). Inkodningsspecificitetsprincipen (Tulving & Thomson, 1973) innebär att det är korrelationsstyrkan mellan två minnesnätverk som avgör hur effektiva de kan agera som varandras minnesspår. Enligt Hebbs regel (Hebb, 1949) kan korrelationsstyrkan ses som en konsekvens av hur ofta minnena är aktiva samtidigt. Hebbs regel säger att “neurons wire together if they fire together” (Löwel & Singer, 1992, s. 211).

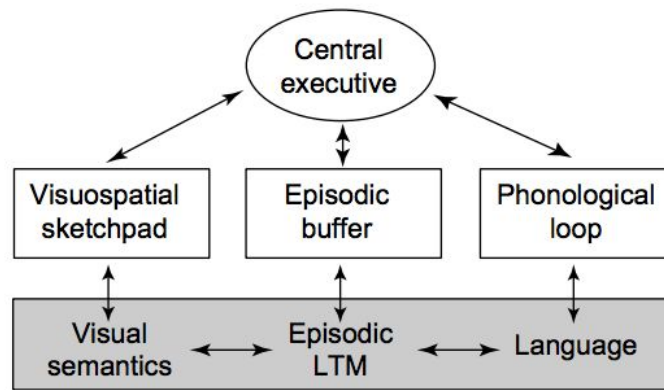
Förutsatt att minnesnätverk är uppbyggda av neuroner anser vi det vara rimligt att anta att minnesnätverk som frekvent aktiveras samtidigt, även får en starkare koppling till varandra. Detta skiljer sig från minnesnätverk som inte är aktiva samtidigt. Den samtida aktiveringen skulle således ge en möjlig förklaring till associationen mellan minnesspår och målminne, och minnesnätverken som utgör de lagrade representationerna i minnet.

### **2.2.1 Arbetsminnet**

Alan Baddeley (2000) beskriver arbetsminnet som ett begränsat minnessystem, där information manipuleras och tillfälligt lagras. Tillsammans med Graham Hitch (1974) presenterade han arbetsminnet som en multikomponentsmodell (figur 4), uppbyggd av tre komponenter: den fonologiska loopen, det visuospatiala skissblocket och den centrala exekutiva funktionen.

Den fonologiska loopen och det visuospatiala skissblocket fungerar som tillfälliga lagringsplatser och informationen som lagras kommer från sinnesintryck, samt från den centrala exekutiva funktionen. Den centrala exekutiva funktionen utgör ett kontrollsystem, vilket innebär att den styr och koordinerar de övriga komponenterna i modellen (1974). Den fonologiska loopen håller verbal och auditiv information aktivt genom en repetitionsprocess. Information som inte repeteras förfaller efter några sekunder (Baddeley, 2015a). Det visuospatiala skissblocket kan istället tillfälligt lagra spatial och visuell information (Baddeley & Hitch, 1974).

Multikomponentsmodellen uppdaterades några år senare, då Alan Baddeley (2015a) fann att det saknades en tydlig koppling till långtidsminnet. Den episodiska buffern blev därför tillagd som den fjärde komponenten, vilket är en begränsad lagringsplats som kan hålla ungefär fyra delar av information aktiva samtidigt. Buffern kan lagra verbal, visuell och/ eller semantiskt information och fungerar således som en multidimensionell kod mellan korttidsminnet och långtidsminnet. Semantisk information bearbetas efter vad informationen betyder, vilket gör att den kopplas till relaterad information som redan finns lagrad i långtidsminnet. Den episodiska buffern skapar med andra ord en samverkan mellan det visuospatiala skissblocket, den fonologiska loopen och långtidsminnet.



**Figur 4.** Den nuvarande, och uppdaterade versionen av multikomponentsmodellen (Baddeley, 2000). Den episodiska buffern skapar en tydligare koppling mellan arbetsminnet och långtidsminnet.

Enligt Baddeley (2015b) är långtidsminnet ett minnessystem som tar emot bearbetad information och lagrar den under en längre tid. Långtidsminnet delas upp i två delar: det semantiska minnet och det episodiska minnet (Baddeley, 2015d).

Det episodiska minnet gör det möjligt för oss att återkalla när och var specifika minnen ägde rum (2015d). Återkallning av specifika händelser innebär att resa tillbaka, eller sätta sig in i en tidigare upplevelse (2015d). Detta kan kopplas till hur minnet påverkas av minnesspår från inkodningsmiljön för att få en bättre återkallning.

## 2.2.2 Begränsad lagringsplats

Arbetsminnets begränsade kapacitet är omdiskuterad av ett flertal forskare. Miller (1956) presenterade resultat som indikerade att arbetsminnet kan tillfälligt lagra sju plus minus två bitar av information, så kallade *chunks*. Enligt Miller (1956) kan människor i genomsnitt återkalla sju stycken lärandeobjekt från en längre lista i form av siffror, bokstäver eller ord. Cowan (2010) säger att Miller inte var helt seriös med sin magiska siffra sju och menar istället att vi endast kan återkalla tre-fyra informationsdelar. Detta visade Gilchrist, Cowan, och Naveh-Benjamin (2008) på genom att studera återkallning av korta meningar, eller idiom, där informationen är verbal som inkodas är längre än enstaka ord. Cowan (2010) argumenterar för att begränsningen beror på vilken typ av uppgift som utförs.

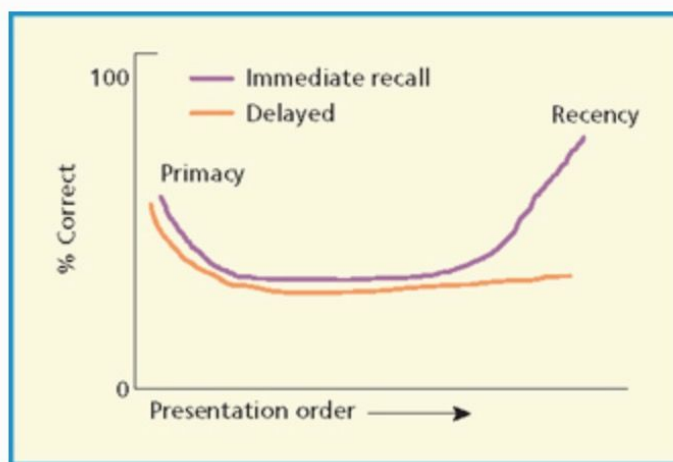
För att expandera minneskapaciteten går det att använda sig av *chunking* (Baddeley, 2015a). Chunking innebär att ett flertal informationsbitar bearbetas och kombineras till större informationsbitar (chunks). Bearbetningen anses fungera bäst vid gruppering om tre (Wickelgren 1964; Ryan 1969). Detta beror på relationen mellan prosodi och naturliga rytmer i tal (Baddeley, 2015a). Skulle en kortare paus efter fyra delar av information fungera bättre, är det den mängd som



är bäst att följa för att få bättre återkallning (2015a). Tolkningen som görs av detta är att chunking använder sig av information som är lagrad i långtidsminnet. På det sättet kan minnesspår skapas mellan information som är lagrad i långtidsminnet med den nya informationen, som hålls aktiv i korttidsminnet.

Korttidsminnet kan tillfälligt lagra information, men har en begränsad kapacitet, precis som arbetsminnet (Baddeley, 2015c). Arbetsminnet, till skillnad från korttidsminnet, kan bearbeta den tillfälligt lagrade informationen (2015a). Bearbetningen hos arbetsminnet skapar en direkt koppling till långtidsminnet, dit information kan skickas för långvarig lagring, men även där information kan hämtas för att skapa mer effektiva inkodningar (2015a).

För att undersöka korttidsminnets begränsade kapacitet, kan återkallning i en seriell ordning av inkodad information användas som metod (Baddeley, 2015c). För att undersöka arbetsminnets kapacitet, verkar det istället som att fri återkallning (eng. *free recall*) används (2015c). Genom att använda sig av fri återkallning skiftas fokuset från vart i listan informationen presenterades, till vad informationen faktiskt betyder (2015c). Efter de studier där fri återkallning använts kan en graf ställas upp över den återkallade informationens presentationsordning - en så kallad seriepositionskurva. Om seriepositionskurvan är U-formad, som i Figur 5, betyder detta att informationsdelarna som presenterades i början och i slutet av sekvensen var lättare att återkalla (2015c). Datan visar då både primacy-effekt (information som presenterades i början återkallas i högre grad än genomsnittet) samt en recency-effekt (information som presenterades i slutet återkallas i högre grad än genomsnittet).



**Figur 5.** Primacy- och recency-effekt i en seriepositionskurva (Baddeley, 2015c).

Recency-effekten går att förminska genom att en person får utföra en specifik uppgift efter inkodningen, där målet är att få ut den tillfälligt lagrade informationen som finns i arbetsminnet.

Enbart fördröjning, utan uppgift som belastar arbetsminnet, har inte någon förminskande påverkan på recency-effekten (2015c). För att störa informationen som ligger tillfälligt lagrad i korttidsminnet, kan ett miljöombyte också fungera. Miljöombytet kan leda till en *doorway-effect*: minnesspårerna i den ursprungliga miljön försvinner då de blir mindre relevanta i den nya miljön (Radvansky, Krawietz, & Tamplin, 2011).

Den information som presenterades först brukar, precis som de sista orden, vara lättare att återkalla. Detta beror på att de har blivit lagrade i långtidsminnet (Baddeley, 2015c). Informationsdelarna i början får mer uppmärksamhet än resterande delar av sekvensen. De repeteras ett antal gånger innan det blir för mycket information att upprepa, något som gör att det lagras i långtidsminnet (2015c).

I den här studien har vi valt att undersöka hur det kontextberoende minnet påverkas av relationen mellan arbetsminnet och långtidsminnet. Återkallning tycks bli hjälpt av att minnesspår som var aktiva under inkodning, även aktiveras vid återkallningen. För att detta ska ske behöver arbetsminnet både hämta och skicka information till och från långtidsminnet.

## 2.3 Tidigare Forskning

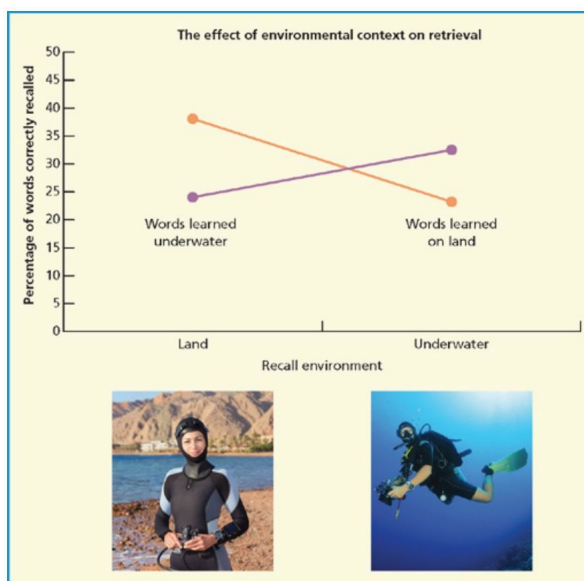
### 2.3.1 Immersion och presence

I James Cummings och Jeremy Bailensons (2016) metastudie sammanställdes 115 effektstorlekar från 83 studier där sambandet mellan upplevd presence och teknologisk immersion undersöktes. Genomgående för de 83 studierna var att försöksdeltagarna själva rapporterade graden av upplevd presence. Studien fann att immersion hade en medelstor effektstorlek ( $r = 0,316$ ) på upplevd presence samt att specifika tekniska lösningar hade olika stor effektstorlek. Analysen av Cummings och Bailenson (2016) visar att de teknologiska faktorer som har störst effekt på upplevd presence är en hög nivå av motion capture för användarens rörelser ( $r = 0,408$ ), en stereoskopisk bild ( $r = 0,32$ ) samt synfältets bredd ( $r = 0,304$ ).

### 2.3.2 Miljöns påverkan på minnet

Godden och Baddeley (1975) visade i ett experiment med dykare att en miljöförändring mellan inkodningstillfället och återkallningstillfället hade en signifikant effekt på deltagarnas återkallningsförmåga (figur 6). I experimentet fick dykare memorera ordlistor antingen på land eller under vatten och sedan testades återkallningen av orden antingen på land eller under vatten. Även

om experimentet, som var av typen inkomplett inomgruppsdesign, endast hade 18 försöksdeltagare så är Godden och Baddeleys artikel den mest citerade artikeln av de som behandlar kontextberoende minne. Även om det är en extrem förändring av inkodnings- och återkallningsmiljö så är denna studie ett tydligt exempel på att förändringen har en påverkan på minnet.



*Figur 6. Data från Godden och Baddeleys dykarstudie (1975), tagen från Anderson (2015).*

### 2.3.3 Kontextberoende minne och presence

Bailey, Bailenson, Won, Fora och Armel (2012) undersökte i en studie hur minnet i den fysiska världen, påverkas av känslan att uppleva presence i en virtuell miljö. Försöksdeltagare fick rapportera hur mycket presence de upplevt efter att ha varit i en virtuell miljö och därefter besvara frågor relaterat till information från den virtuella miljön. Med datan kunde korrelationen mellan nivån av upplevd presence och antal korrekta svar analyseras. Författarnas resultat visade att det var en signifikant negativ korrelation mellan upplevd presence i den virtuella världen och minnet i den fysiska världen:  $r(30) = -.45, p < .05$ . De försöksdeltagare som rapporterade hög nivå av upplevd presence, hade i genomsnitt ett lägre antal korrekta återkallningar av den information som presenterats.

## 2.4 Sammanfattning

Målet för studien är att undersöka inläring, det vill säga information som återhämtas från långtidsminnet och inte information som lagrats tillfälligt i korttidsminnet. För att uppnå detta behöver informationen återkallas via fri återkallning för att kunna undersöka hur seriepositionskurvan ser ut. Om seriepositionskurvan inte indikerar någon recency-effekt kan vi med goda skäl anta att lärandematerialet inte var lagrat i korttidsminnet vid återkallningstillfället.

Hypotesen är, utifrån perspektivet att lärande är kontextberoende och att miljön är en del av kontexten, att en förändring av miljö mellan inkodning och återkallning har en negativ effekt på återkallningen av inkodad information. Detta visade sig vara fallet i dykarstudien (Godden & Baddeley, 1974) och i studien av Bailey et al. (2012).

En virtuell miljö, presenterad via VR-teknik, kan upplevas på samma sätt som en fysisk miljö (Cummings & Bailenson, 2016) och således torde information som kodas in i en virtuell miljö återkallas sämre när den virtuella miljön tas bort. Om den virtuella miljön utgör en plausibel miljö med hög immersion, som leder till upplevd presence, så torde bortfallet av den virtuella miljön försvåra återkallning av informationen.

## 3 Metod

Detta metodkapitel inleds med en argumentation för den valda metoden följt av ett avsnitt där en pilotstudie beskrivs och analyseras. Därefter beskrivs utformandet samt utförandet av huvudstudien, därefter lyfts etiska aspekter av metoden. Kapitlet avslutas med en diskussion om validitet och reliabilitet.

### 3.1 Val av metod

Syftet med studien är att undersöka om användning av VR, som lärandeverktyg, medför negativa konsekvenser för återkallningen av inlärt material. Ett jämförande mellan två förhållanden - inkodning av information i en virtuell miljö via VR-glasögon och inkodning av information presenterad på en datorskärm - bedömdes därför vara ett rimligt tillvägagångssätt.

I och med att två förhållanden behövde jämföras under kontrollerade former, valdes experiment som metod för datainsamling. Under pilotstudien användes ett experiment av typen inomgruppsdesign. Huvudstudien var ett experiment av typen mellangruppsdesign av anledningar som beskrivs nedan (se del 3.1.2).

Då vår studie försöker situera försöksdeltagarna i den virtuella miljön, i förhållandet där information presenteras i VR, togs det hänsyn till att maximera möjligheten för att en försöksdeltagare ska uppleva presence i den virtuella miljön. Att försöksdeltagarna erbjöds en immersiv VR-teknik var viktigt för att möjliggöra upplevelsen av presence i den virtuella miljön. VR-glasögonen (HTC Vive) valdes utifrån prestandaspecifikation som pekats ut vara av vikt (Lang, 2015; Cummings & Bailenson, 2016) för att maximera upplevelsen av presence för försöksdeltagarna (se del 2.3.1).

#### 3.1.1 Pilotstudie

Ett experiment av typen komplex, komplett inomgruppsdesign med ABBA-balansering arbetades fram med inspiration från dykarstudien av Godden och Baddeley (1975). Experimentet hade två oberoende variabler, *inkodningsmiljö* och *återkallningsmiljö*, med två nivåer vardera. De två nivåerna i båda oberoende variablerna utgjordes av kontaktytan genom vilken information, i form av lärandematerial samt instruktioner, presenterades för försöksdeltagaren. För inkodningsmiljön utgjordes den ena nivån av att försöksdeltagaren fick informationen presenterad

via VR-glasögon (V) och i den andra nivån presenterades information via en datorskärm (D). För återkallningsmiljön gällde att i V fick deltagaren ha på sig VR-glasögon vid återkallningstillfället och i D tittade deltagaren istället på en datorskärm. Lärandematerialet och instruktionerna förmedlades via en, för varje deltagare, unik videofilm som spelades upp på helskärm samtidigt på en datorskärm och i den virtuella miljön. Lärandematerialet, åtta stycken ordlistor, som presenterades skiljde sig mellan de oberoende variablerna.

I inkodningsmiljön presenterades ordlistan för försöksdeltagaren, varje ord presenterades i två sekunder med en paus på en sekund mellan varje ord. Varje ordlista bestod av 10 ord och deltagaren blev tilldelad fyra betingelser (VV, DV, VD, DD) i en slumpmässig ordning följt av samma fyra betingelser i omvänd ordning. I varje betingelse presenterades en av ordlistorna. Resultatet, hur många framgångsrikt återkallade ord från varje ordlista som försöksdeltagaren högt yttrade, mättes i varje enskild betingelse.

En exempelutformning av videofilm för pilotstudie kan ses online via följande länk: <https://youtu.be/DRRncas88hs> (Möller, 2017a). VR-glasögonen, samt dator och lokal, som användes i pilotstudien var samma som i huvudstudie.

### **3.1.2 Utvärdering av pilotstudie**

Efter varje kompletterat försök utfördes en ostrukturerad intervju med försöksdeltagaren. Genom detta upptäcktes att en känsla av att bli iakttagen infann sig hos en försöksdeltagare till följd av att försöksledarna befann sig i lokalen under försöket.

Det framkom även tvivel om de uppgifter som var inlagda i filmen med tilltänkt funktion att tömma arbetsminnet, faktiskt lyckades med det. Risken fanns att det kvarhängande minnet av ord från en ordlista kunde påverka resultatet i en efterföljande betingelse. Denna effekt kallas differential överföring (Shaughnessy, Zechmeister, & Zechmeister, 2015) och en inomgruppsdesign som har risk för detta bör omarbetas till en mellangruppsdesign. I en mellangruppsdesign blir varje försöksdeltagare enbart exponerad för en betingelse och därför kan ingen överföringseffekt uppstå mellan betingelser.

## **3.2 Utformning av huvudstudie**

Ett experiment av mellangruppsdesign, med inkodningsmiljö som oberoende variabel och antal korrekt återkallade ord som beroende variabel, valdes till följd av lärdomar från pilotstudien. För inkodningsmiljön definierades tre nivåer:

### *Virtual Reality (VR)*

- Lärandematerialet presenteras för försöksdeltagaren i en virtuell miljö, försöksdeltagare bär VR-glasögon.

### *Datorskärm (DS)*

- Lärandematerialet presenteras för försöksdeltagaren på en datorskärm.

### *Skidglasögon (SG)*

- Lärandematerialet presenteras för försöksdeltagaren på en datorskärm, försöksdeltagare bär skidglasögon med glas bortmonterat.

Försöksdeltagarna blev slumpmässigt tilldelade till de tre grupperna genom blockrandomisering.

Från den uppställda hypotesen antogs att en skillnad mellan nivåerna VR och DS skulle uppstå till följd av den virtuella miljöns påverkan. För att kunna eliminera en alternativ förklaring, att en sådan skillnad var till följd av VR-glasögonens fysiska påverkan, adderades nivå SG till inkodningsmiljön.

Återkallningsmiljön var samma för alla betingelser, vilket innebar att skidglasögon och VR-glasögon togs av efter inkodningen. Därefter gavs instruktioner till räkneuppgift och återkallning via datorskrämen.

Det som visades på datorskrämen i den fysiska miljön blev replikerat i den virtuella miljön (bilaga B), vilket innebar att instruktioner och ord presenterades på samma sätt i de tre betingelserna.

En unik videofilm utformades till varje försöksdeltagare som innehöll lärandematerial och instruktioner. Exempel på videofilmer kan ses via följande länk:

[https://www.youtube.com/playlist?list=PLCd43mME9oLINGSKGGK\\_NogVIT4LtqrWY](https://www.youtube.com/playlist?list=PLCd43mME9oLINGSKGGK_NogVIT4LtqrWY) (Möller, 2017b).

Lärandematerialet i huvudstudien bestod, för varje deltagare, av en ordlista på 25 ord. Att en större mängd ord valdes, jämfört med pilotstudien, var för att minimera risken för takeffekter. För att balansera orden i ordlistan, valde vi att slumpgenerera 20 versioner av de 25 orden (bilaga C2). Varje ordlista presenterades för tre försöksdeltagare vardera, dock enbart en försöksdeltagare per betingelse.

Den sista ändringen som utfördes var att använda en inspelningsapparat för ljud, samt trådlösa hörlurar. Detta tillät försöksdeltagaren att vara ensam i laboratoriet, och inte påverkas av experimentledarnas närvaro.

### 3.2.1 Urval

Majoriteten av försöksdeltagarna var bekanta till experimentledarna och hade blivit tillfrågade att delta via personlig kontakt. Genom att bjuda in bekanta balanserades urvalet så att det inte endast var studenter som deltog i vårt experiment, något som var en risk då experimentet utfördes i ett laboratorium på ett universitet. Övriga försöksdeltagare valdes utifrån tillgänglighet och närhet till laboratoriet och majoriteten av dessa var studenter.

Eftersom att experimentet var ett minnestest, med svenska ord, var ett av kraven på försöksdeltagarna att deras modermål var svenska.

Fyra försöksdeltagare exkluderades från huvudstudien på grund av misstolkade instruktioner i videofilmen, och ersattes av fyra nya försöksdeltagare. Det slutliga antalet försöksdeltagare ( $n=60$ ) bestod av 30 kvinnor, och 30 män, som var mellan 20-60 år gamla ( $M=28,48$ ,  $SD=9,481$ ), varav 44 var studenter. Endast åtta försöksdeltagare svarade att de hade mer än 8 timmars erfarenhet med VR och 31 försöksdeltagare svarade att de inte hade någon erfarenhet alls.

Vi har försökt att hålla en jämn könsfördelning mellan deltagarna, samt ansträngt oss för att söka försöksdeltagare utanför universitetet för att urvalet bättre ska representera den generella populationen. Deltagare kompenserades inte ekonomiskt, däremot erbjöds kaffe eller te efter experimentet. De erbjöds även att testa en applikation i VR, Tiltbrush, efter det att experimentet utförts.

### 3.2.2 Material

En dator med Windows 10, Intel core i7-6700K processor, 16 GB internminne och ett Nvidia GeForce GTX 980 Ti användes för att köra programmen som användes. Till denna var datorskärmen kopplad, vilken var 24 tum stor med en upplösning på 1980\*1020 pixlar. För att spela upp videofilmen användes programmet VLC media player.

I en av grupperna användes ett par VR-glasögon, av fabrikatet HTC Vive med en upplösning på 2160\*1200 pixlar, uppdateringsfrekvens på 90Hz med ett ca 110 graders brett synfält (eng. *Field of view*). VR-glasögonen hade en fresnel lins för vardera öga vilket tillåter en stereoskopisk bild av den virtuella världen. Två stycken Lighthouse basstationer, ett IR-baserat



positioneringssystem, följde VR-glasögonens position i det fysiska rummet vilket förändrade perspektivet i den virtuella världen när VR-glasögonen rörde sig inom en ca. 3 \* 3 meter stor yta.

Via programmet SteamVR (Steam, Steam VR) kördes drivrutinerna och applikationerna till VR-glasögonen. Applikationen Bigscreen erbjöd en virtuell miljö (bilaga B) samt möjligheten att replikera det som visades på datorskärmen i VR miljön. Representationen av datorskärmen i den virtuella miljön kunde manipuleras så att den var av samma storlek och på samma avstånd som den fysiska datorskärmen (bilaga A2 och B).

Övrigt material som användes var ett par skidglasögon med bortmonterat glas (bilaga A3), ett trådlöst tangentbord, en inspelningsapparat med hörlursutgång (Zoom H1n) samt ett par trådlösa hörlurar (Philips SHC5100/10).

### 3.2.3 Val av virtuell miljö

Miljön valdes utifrån kriterier baserade på att experimentförhållandena skulle reflektera en plausibel situation i vilken VR-glasögon kan tänkas användas istället för datorskärm.

Under pilotstudien användes programmet Virtual Desktop för att kunna replikera datorskärmen i den virtuella miljön. Virtual Desktop tillät även manipulation av den virtuella skärmens storlek och distans från användaren. Förutom den virtuella datorskärmen kunde virtuell omgivning selekteras och till en början valdes en virtuell miljö som försatte användaren i rymden.

Efter pilotstudierna valdes en annan applikation, BigScreen (bilaga B). Anledningen var att försöka öka miljöns plausibilitet i relation till miljön och erbjuda användaren bättre möjlighet till att uppleva subjektiv presence (Schuemie et al., 2001).

Valet av en ny virtuell miljö beslutades även efter hur mycket mental ansträngning det skulle krävas av försöksdeltagarna vid utförandet av uppgifterna. John Swellers (1988) teori om kognitiv belastning (eng. *cognitive load theory*) förklarar att arbetsminnet har en begränsad ansträngningsnivå och att presentera försöksdeltagarna för en främmande miljö, exempelvis rymdmiljön, skulle kunna innebära en tung, kognitiv belastning. För att göra den kognitiva belastningen likvärdig i alla betingelser behöver den virtuella miljön påminna om en fysisk miljö.

BigScreen erbjöd användaren en virtuell lägenhet, där olika virtuella sittplatser gick att positionera användaren på. I vårt experiment fick försöksdeltagarna sitta ute på en takterass (bilaga B).

Försöksdeltagarna i studien satt ner på en stol, vilket enligt artikeln av Schuemie et al. (2001) var en fördel eftersom perspektivet i den virtuella miljön matchades med det fysiska. Likt

Virtual Desktop kunde en virtuell skärm visas i BigScreen vars storlek och avstånd kunde manipuleras.

### 3.2.4 Ordlista

Onlineverktyget Paivio et al. word list generator (Friendly, 1996) användes för att generera en lista med engelska substantiv utifrån specifika kriterier. De kriterier som valdes (antal stavelser: 1-3, ordlängd: 5-8 bokstäver, ordfrekvens: 90-100, visualiserbarhet: 6-7, konkretion: 6-7, meningsfullhet: 3-8) genererade en lista som översattes till svenska (bilaga C1). Av de översatta orden valdes de ord som innehöll en till två stavelser och var fyra till sex bokstäver i längd. Anledningen till dessa kriterier var att inget ord skulle vara okänt för någon av försöksdeltagarna.

## 3.3 Procedur

I det här avsnittet beskrivs mer djupgående hur experimentet utfördes av experimentledare och försöksdeltagare.

Under den vecka som experimentet utfördes, hölls förhållandena i rum och vid stationer konstanta. En av experimentledarna var positionerad vid station ett och tre, varav den andra experimentledaren var ansvarig för station två. Vid den första stationen fick försöksdeltagare övergripande information om vad som skulle ske vid de övriga stationerna. Djupare information kunde inte anges av den första experimentledaren då experimentet var dubbelblint - experimentledaren, vid den första stationen, kunde således inte påverka vem som fick tillhöra de olika grupperna. Experimentledarna följde varsitt manus som var utformat efter de stationer de ansvarade för (bilagor D1 och D2).

För att effektivisera processen, fick försöksdeltagarna informationen i grupper om två eller tre stycken. I enskilda fall när det var svårt att samla deltagare, blev informationen framförd till en enskild försöksdeltagare. Varje försöksdeltagare fick, innan de gick vidare till station två, fylla i ett formulär vilket bad dem ange övergripande information om sig själva (bilaga E). Ingen övrig personlig information om försöksdeltagarna samlades in under experimentets gång. Istället hade varje försöksdeltagare ett deltagarnummer vilket de blev tilldelade via formulären.

Försöksdeltagarnas nummer angavs till inspelningsapparaturen, som startades innan varje ny försöksdeltagare klev in i det rum där experimentet utfördes (station två). Ingen av experimentledarna befann sig i rummet under den tid experimentet utfördes, vilket var anledningen

till användningen av inspelningsapparaturen. Inspelningen hade muntligt godkänts av försöksdeltagarna innan de utförde experimentet.

Vid station två (bilaga A1) blev försöksdeltagarna instruerad att sätta sig på en stol vid ett skrivbord med en datorskärm. För betingelse VR låg VR-glasögonen framför datorskärmen, för SG låg det ett par skidglasögon framför datorskärmen och för DS låg det ingenting framför datorskärmen. Experimentledaren bad sedan försöksdeltagarna i gruppen VR och SG att sätta på sig respektive glasögon (bilaga A3 och A4). För att de skulle hinna bekanta sig med den virtuella miljön uppmanades försöksdeltagarna i VR-gruppen att se sig omkring innan experimentet startades. Mer djupgående information om experimentet (bilaga D2) gavs till deltagaren och efter detta startade experimentledaren videofilmen och lämnade rummet. Videofilmen instruerade försöksdeltagaren genom fyra faser.

I den första fasen, *inkodningsfasen*, blev försöksdeltagarna instruerade att memorera de ord som presenterades på skärmen. Varje ord visades i två sekunder, med en paus på en sekund mellan orden. Försöksdeltagarna i grupp VR befann sig i den virtuella miljön i ungefär två minuter under inkodningsfasen. Instruktionerna och orden presenterades på en virtuell skärm, vilken var en replika av datorskärmen i den fysiska miljön (bilaga B). Försöksdeltagarna i grupp DS och SG spenderade samma tid, alltså två minuter, framför datorskärmen, fast i den fysiska miljön (bilaga A2).

I den andra fasen, *avtagningsfasen*, instruerades försöksdeltagarna i VR- och SG-grupperna att ta av sig respektive glasögon och placera dem på bordet framför sig. Försöksdeltagare i grupp DS hade ingenting att ta av sig utan fick istället sitta och vänta under denna fas.

I den tredje fasen, *belastningssfasen*, skulle försöksdeltagarna utföra en räkneuppgift där de skulle räkna ner (högt) från 100 med ett intervall på 3 (100, 97, 94,...), i 30 sekunder. Experimentledaren lyssnade, via de trådlösa hörlurarna, på när försöksdeltagaren räknade för att kontrollera att detta gjordes ordentligt.

I den fjärde fasen, *återkallningsfasen*, fick försöksdeltagarna en minut på sig att högt, säga så många ord från ordlistan som de kom ihåg. Experimentledaren antecknade vid detta tillfälle vilka ord som yttrades.

Efter återkallningsfasen fick deltagarna instruktion att komma ut ur rummet och experimentet var därmed avklarat. När utförandet av experimentet var gjort, blev varje försöksdeltagare hänvisad till station tre där de fick dricka kaffe eller te.

### 3.3.1 Mätning

I återkallningsfasen, som beskriven ovan, fick försöksdeltagarna en minut på sig att återkalla de ord de kom ihåg från den presenterade ordlistan. Detta skedde med hjälp av fri återkallning (se del 2.2). I återkallningsfasen fick alla deltagare information via datorskärmen, då VR-glasögon och skidglasögon hade tagits av innan. Ljud från laboratoriet spelades in för att experimentledarna i efterhand skulle kunna protokollföra svaren (bilaga C3). Försökledaren lyssnade på ljudupptagningen, via trådlösa hörlurar, och protokollförde för hand i realtid för att säkra att deltagarens svar fanns registrerade.

## 3.4 Etik

Försöksdeltagarna blev informerade om att de, under experimentet, skulle bli inspelade. De blev samtidigt garanterade att inga individuppgifter skulle anges - ljudupptagningen var endast till för att protokollföra resultaten i efterhand då ingen experimentledare skulle befinna sig i rummet när experimentet utfördes. Ingen av försöksdeltagarna valde att hoppa av när denna information hade presenterats, och fick muntligt acceptera inspelningen.

Försöksdeltagarna visste däremot inte att en av försöksledarna lyssnade på vad de sa via trådlösa hörlurar i realtid. Anledningen till att detta var nödvändigt var för att försöksledaren skulle veta om försöksdeltagarna följde instruktionerna, samt till att föra resultatanteckningar ifall haveri med inspelningsutrustningen skulle inträffa.

## 3.5 Validitet och Reliabilitet

I det här avsnittet diskuteras faktorer som påverkar metodens tillförlitlighet.

### 3.5.1 Allmänna faktorer

Val av försöksdeltagare till studien har till en stor del gjorts baserat på tillgänglighet. Majoriteten av försöksdeltagarna i experimentet var bekanta till experimentledarna. Att detta skulle haft en påverkan på resultatet är högst osannolikt med tanke på hur huvudstudien var utformad.

Att presentera instruktioner samt ord via en datorskärm gav oss ett sätt att hålla situationen under de olika experimenten konstanta. Att övriga förhållanden hölls konstanta var viktigt, då det

försäkrade att det var bytet mellan den virtuella miljön och den fysiska miljön som utgjorde förändringen - och inte något annat.

Valet av experiment med mellangrupsdesign var nödvändigt för att jämföra den virtuella miljöns påverkan på lärandet med påverkan av en icke virtuell miljö. Differential transfer, som beskrivet i avsnittet om pilotstudie, kunde inte uteslutas i fallet där en komplett inomgruppsdesign hade valts och resultaten mellan betingelserna hade därför inte kunnat jämföras. Detta medför att studiens känslighet blir lägre.

Vår utgångspunkt var att skapa ett så realistisk scenario som möjligt, både med hänsyn taget till användarens subjektiva presence samt till den praktiska applikationen av VR-glasögon för lärande. Gällande det senare ser vi det som plausibelt att applikationer som BigScreen och Virtual Desktop representerar den första generationens applikationer inom VR som ersätter den (numera) traditionella datorskärmens funktionalitet.

Gällande presence så är det svårt att uppskatta hur mycket, om någon, presence varje försöksdeltagare upplevde i VR gruppen, framförallt eftersom ingen subjektiv rapportering av presence utfördes.

### **3.5.2 Specifika faktorer**

Analysen skedde endast på försöksdeltagare med svenska som förstaspråk, eftersom ordlistan samt instruktioner var på svenska. Således ingår enbart människor med svenska som förstaspråk i populationen som vi med studien syftar att göra en statistisk generalisering om.

Räkneuppgiften hade som uppgift att rensa arbetsminnet på orden från ordlistan. Vi valde denna uppgift för att försöka eliminera recency-effekten (se del 2.2). Genom att minimera recency-effekten visar resultatet mindre av informationen som ligger lagrad i arbetsminnet och mer av informationen som faktiskt är inlärd.

De ord som användes som lärandematerial i studien valdes med syftet att de skulle vara ofrånkomligt igenkännbara för deltagarna. Detta begränsar experimentets externa validitet genom att endast fokusera på de enklaste uttrycken i språket. Däremot anser vi att i specifika lärandesituationer (som vid inläring av ett helt nytt språk där enkla begrepp är vanliga att börja med) har studien större extern validiteten till följd av de ord som valdes.

Alla instruktioner, förutom den absolut första för grupp VR (Möller, 2017b), hade samma längd i tid och även i antalet ord per instruktion, med några få ords skillnad. Försöksdeltagarna hade gott om tid att läsa instruktionerna och utföra handlingar i de fall de behövde och genom att hålla instruktionerna lika i längd behövde ingen grupp bearbeta mer information än någon annan.

## 4 Resultat

Målet med studien var att undersöka om en virtuell miljö påverkade inläringen på ett sätt som är i linje med en generell tolkning av kontextberoende minne, där inlärningsmiljön har påverkan på inläringen. Hypotesen är att genom att om den virtuella miljön utgör en plausibel miljö med hög immersion som leder till upplevd presence hos försöksdeltagare så borde bortfallet av den virtuella miljön försvåra återkallning av informationen. Den första analysen i det här kapitlet kommer därför att vara en jämförelse mellan betingelsen där information presenterats i en virtuell miljö (VR) jämfört med betingelsen där information presenterats på en datorskärm (DS).

Därefter kommer resultatet av båda dessa betingelser jämföras med betingelsen där Försöksdeltagarna fick information presenterat via en datorskärm samtidigt som de hade skidglasögon på sig (SG) för att emulera VR-glasögonens fysiska påverkan. Om en jämförelse mellan VR och DS skulle visa en signifikant skillnad är det intressant att se om samma skillnad uppstår mellan DS och SG. Om ingen skillnad finns mellan DS och SG kan VR-glasögonens fysiska påverkan uteslutas som den bidragande faktorn till en sådan skillnad mellan VR och SG.

### 4.1 Resultat för den virtuella miljöns påverkan

Det var 20 försöksdeltagare i grupp VR och 20 försöksdeltagare i grupp DS. Ett oberoende *t*-test kördes för att undersöka om det var skillnader i antalet ord som kunde återkallas från en presenterad ordlista med 25 ord. Det fanns inga outliers i datan, vilket fastställdes genom inspektion av ett låddiagram. Resultaten för båda grupperna var normaldistribuerade, vilket fastställdes av Shapiro-Wilks test ( $p > 0,05$ ), och det var homogenitet av varians, vilket fastställdes av Levenes test för jämlighet av varianser ( $p = 0,510$ ). Resultaten var högre för grupp VR ( $M = 12,55$ ,  $SD = 4,12$ ) än för grupp DS ( $M = 11,05$ ,  $SD = 4,51$ ), ingen statistisk signifikant skillnad,  $M = 1,36$ , 95% CI  $[-1,27, 4,27]$ ,  $t(38) = 1,097$ ,  $p = 0,279$ .

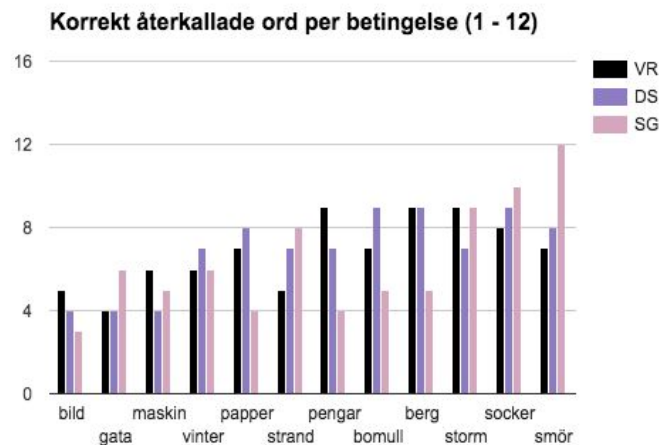
Eftersom ingen statistisk signifikans uppvisades kan nollhypotesen inte förkastas. För att bedöma sannolikheten för ett Typ II fel, att nollhypotesen inte förkastas när det finns en effekt, beräknades den statistiska tillförlitligheten (eng. *power*) för experimentet. Den statistiska tillförlitligheten var 29,2 %.

## 4.2 Resultat för VR-glasögonens fysiska påverkan

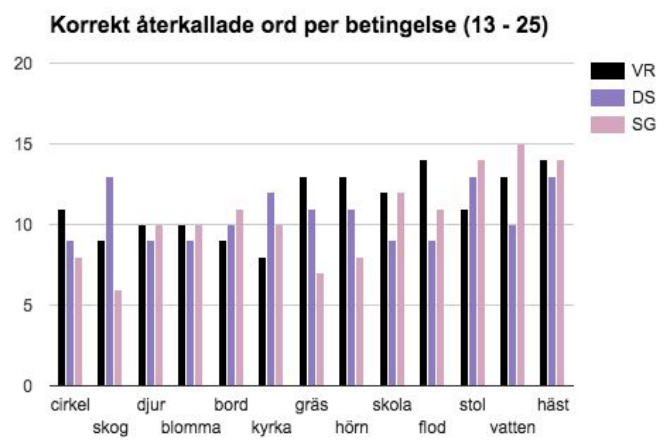
En envägs ANOVA utfördes för att utreda om antalet korrekt återkallade ord från en ordlista var färre till följd av den fysiska påverkan från VR-glasögon eller skidglasögon under inkodningstillfället. Försöksdeltagare blev indelade i tre grupper: VR-glasögon (VR)( $n = 20$ ), skidglasögon (SG) ( $n = 20$ ) och datorskärm (DS)( $n = 20$ ). Genom utvärdering av ett låddiagram, hittades ett avvikande värde i grupp SG. Då resultatet inte var till följd av felaktig data eller mätfel, användes värdet i analysen. Resultaten för alla tre grupperna var normaldistribuerade, vilket fastställdes av Shapiro-Wilks test ( $p > 0,05$ ), och det var homogenitet av varians, vilket fastställdes av Levenes test för jämlighet av varianser ( $p = 0,552$ ). Data är presenterad som medelvärde  $\pm$  standardavvikelse. Resultatet uppvisade ingen statistiskt signifikant skillnad mellan de olika grupperna,  $F(2, 57) = 0,631$ ,  $p = 0,552$ . Antalet korrekt återkallade ord var lägst för grupp DS ( $M = 11,05$ ,  $SD = 4,513$ ), något högre för grupp SG ( $M = 11,75$ ,  $SD = 4,025$ ) och högst för grupp VR ( $M = 12,55$ ,  $SD = 4,123$ ), i den ordningen.

## 4.3 Återkallningsfrekvens av de olika orden

Figurerna visar frekvensen av korrekt återkallade ord för varje grupp (VR, DS, SG).



Figur 7.



*Figur 8.*



## 5 Diskussion

Vårt intresse till att utföra denna studie grundades i ett intresse av användande av VR-teknologi för att utveckla nya lärandeverktyg. VR-tekniken har gjort sitt inträde på konsumentmarknaden och många människor har redan idag tillgång till VR eller AR i sitt hem. Med utvecklarnas förhoppningar att erbjuda immersiva virtuella miljöer, inom vilka användare kan uppleva presence, kommer potentiellt nya utmaningar för vår kognition. Kommer information som presenteras via VR-teknik att tolkas utifrån den virtuella miljön och således ge kontextberoende effekter på minnet?

Begreppet presence beskriver känslan, hos VR-användare, av att befinna sig i den virtuella världen (Cummings & Bailenson, 2016). Vår tanke är att VR-teknik, med potential att ge upphov till en sådan känsla, också har andra potentiella effekter på vår kognition.

Vår hypotes grundar sig i en generell tolkning av minnet som kontextberoende, med vilken vi menar att kontexten inom vilken information presenteras alltid påverkar inläringen. För att undersöka denna tolkning utvecklades ett experiment. I experimentet jämfördes försöksdeltagare som fick lärandematerial, i form av ord, presenterade via en datorskärm (DS) med försöksdeltagare som fick lärandematerialet presenterat i en virtuella miljö via VR-glasögon (VR). Den virtuella miljön och VR-glasögonen som användes valdes i syfte att maximera deltagarens upplevelse av att faktiskt befinna sig i den virtuella världen (Cummings & Bailenson, 2016; Wirth et al., 2007; Lang, 2014, 24 september). En tredje grupp försöksdeltagare fick ha på sig skidglasögon (SG) utan glas för att emulera VR-glasögonens fysiska påverkan.

Efter presentationen av lärandematerialet fick alla försöksdeltagare utföra en räkneuppgift för att korttidsminnet skulle tömmas. Minnesförmågan hos försöksdeltagarna testades därefter genom att de fick högt yttra alla ord de kom ihåg, i valfri ordning.

Vår hypotes var att information presenterad i en virtuell skulle vara svårare att återkalla när upplevelsen av den virtuella miljön försvann. Om vår hypotes stämmer behövs virtuella miljöers påverkan på lärande och minne kartläggas ytterligare, så att lärandeverktygen kan motverka en negativ effekt till följd av presentationsmiljön.

### 5.1 Den virtuella miljöns påverkan på inlärande

I jämförelsen mellan information inkodad i VR med information inkodad i ett kontrollförhållande, via datorskärm, fann vi ingen skillnad mellan betingelserna. Om någon tendens

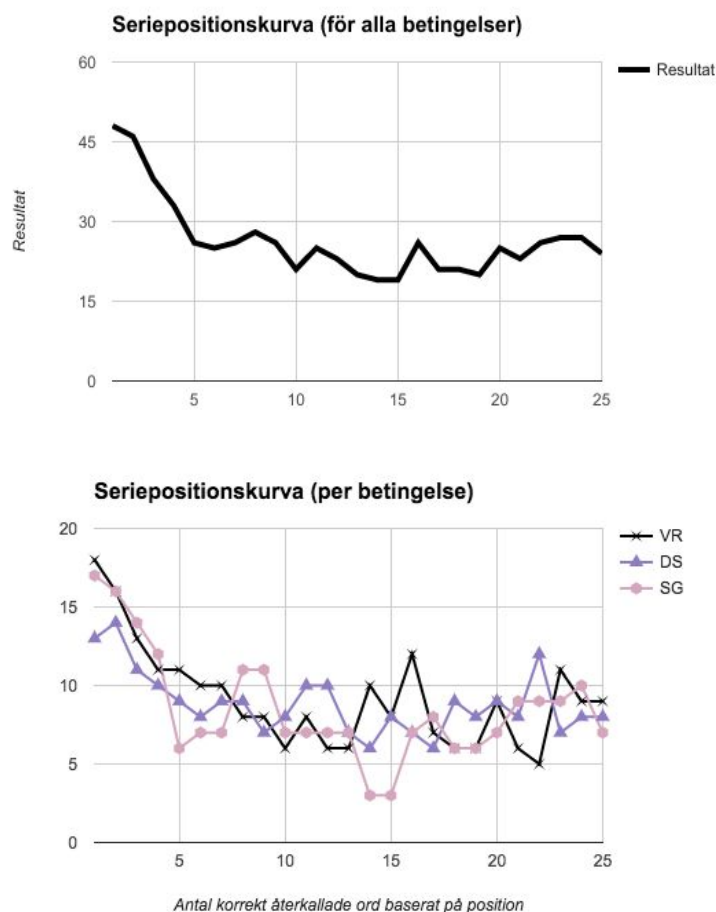
till effekt kan utläsas av den insamlade datan skulle den vara en effekt motsatt den vår hypotes förutsade. Medelvärdet av antalet korrekt återkallade ord för grupp VR var högre än för grupp DS, även om denna skillnaden inte var statistiskt signifikant.

Vår analys av den statistiska tillförlitligheten låter oss inte dra slutsatsen att det inte föreligger någon skillnad. Vi kan alltså inte säga att återkallning av lärandematerial presenterat i VR är kvantitativt annorlunda från återkallning av lärandematerial presenterat via en datorskärm. Analysen visade att ytterligare 15 försöksdeltagare i varje betingelse hade behövts. Däremot finner vi det osannolikt att ytterligare 15 försöksdeltagare hade förändrat utfallet till en sådan grad att resultatet hade visat att inläring av lärandematerialet i VR var signifikant sämre än inläring via en datorskärm.

Att våra resultat inte uppvisar någon signifikant effekt av den virtuella miljöns påverkan, leder oss till slutsatsen att lärande i virtuella miljöer inte är sämre än lärande via en datorskärm. Smith och Vela (2001) undersökte miljömässig påverkan på minnet i sin metastudie och fann att om det presenterat lärandematerial inte behöver tolkas ihop med miljön, kommer kontextberoende effekter att minimeras. I vårt experiment ville vi hålla presentationen av lärandematerialet så likt som möjligt i de olika betingelserna just för att undersöka den virtuella miljöns påverkan på lärandet. Vi kan således säga att, utifrån våra resultat tycks det inte finnas någon anledning att tro att information som presenteras i en virtuell miljö har någon ytterligare kontextberoende effekt på lärande och minne. Om inkodning av lärandematerialet hade gynnats av att tolkas tillsammans med miljön kan vi, utifrån Smith och Vela (2001), anta att resultatet hade visat på kontextberoende effekter.

Vidare ser vi ingen skillnad, av den fysiska påverkan, när vi jämför resultaten för de tre testade betingelserna. Detta låter oss anta att VR-glasögonens fysiska påverkan, genom tryck runt ögonen, inte är ett hinder när det gäller inläring.

I figur 9, som representerar det totala antalet korrekt återkallade ord för alla betingelse baserat på presentationsordningen av orden, kan vi inte se någon recency-effekt. Vi tillskriver detta till vår räkneuppgift och anser att detta ger oss skäl att säga att återkallningen inte skedde från korttidsminnet. Figur 10 visar fördelningen för varje betingelse.



**Figur 9 och 10.** Kurvorna indikerar att den räkneuppgift som användes, i syfte att fördröja och försvåra återkallningen av ord, lyckades minimera recency-effekten.

Vi kan även se på gruppernas medelvärden (VR = 12,55, DS = 11,05 och SG = 11,75) att Millers magiska siffra sju (plus/minus två) inte gäller i detta fallet, vilket var väntat eftersom försöksdeltagarna fritt återkallade lärandematerialet. Detta ger oss ytterligare skäl att anta att lärandematerialet inte återhämtades från korttidsminnet. Från detta bedömer vi att vårt experiment lyckades att undersöka minnen som har blivit inlärd snarare än memorerade.

Figur 7 och figur 8 (se del 4.3) visar det totala antalet korrekt återkallade ord över de olika betingelserna. Intressant här är att resultaten pekar på en stor skillnad på återkallningen av specifika ord mellan betingelserna. Mest påtaglig är skillnaden för ordet “skog”, som i betingelse DS återkallades 13 gånger jämfört med betingelse SG där det återkallades sex gånger. Då vår hypotes inte hanterar detta så analyserar vi inte fenomenet vidare, vi påpekar endast att det är intressant.

## 5.2 Generell tolkning av lärandekontext

Den generella tolkningen av vad som utgör en lärandekontext, som utgår från att lärandematerial ingår i miljön och påverkar således alltid minnesformationen, förklarar inte de resultat vi fick. Tolkningen baserades på slutsatsen som Godden och Baddeley (1974) kom fram till, att en miljöförändring mellan inkodningsstadiet och återkallningsstadiet av lärandematerial har en negativ effekt på återkallningen av materialet. Resultatet i denna studie förklaras bättre med en modell som utgår från *dual-coding* teorin (Clark & Paivio, 1991). Lärandematerialet i studien utgjordes av verbal information och miljön, både den virtuella och den fysiska, består av icke-verbal information. Enligt dual-coding modellen bearbetas dessa typer av information av parallella system och behöver således inte påverka minnesformationen av informationen som är av annan typ (1991). Eftersom de ord som användes hade hög visualiserbarhet kunde de bearbetas av både det verbala och det icke-verbala systemet. Dual-coding modellen är mer i linje med den mer specifika tolkningen av kontextberoende minne, att information bearbetas annorlunda beroende på vilken typ av information det gäller. Denna tolkning är även mer i linje med fynden som Smith och Vela (2001) gjorde. Miljön har liten till ingen effekt på minnesformationen om lärandematerial inte behöver bearbetas med hänsyn taget till miljön inom vilken den presenteras. Om lärandemålet, till exempel, är att memorera antalet förekomster av en objekttyp på en bild så kommer bildens övriga attribut att agera som minnesspår vid återkallning.

## 5.3 Kritik mot experimentet

Valet av lärandematerial visade sig vara mer problematiskt än vi först anade. Utifrån de kriterier vi specificerade med Paivio et al. word list generator (Friendly, 1996) genererades en lista med substantiv som var enkla att visualisera och som var en till två stavelser långa. Ett problem med valet av ord, var just att de var enkla att visualisera. Istället för att välja abstrakta ord, gav vi en möjlighet till försöksdeltagarna att använda minnestekniker som använde sig av visualisering. Om orden hade varit mer abstrakta, därav svårare att visualisera, hade försöksdeltagarna inte haft denna möjlighet.

Vidare för orden gäller att de alla var vanligt förekommande och ord som alla försöksdeltagare kunde se innan. Därför krävdes det inte försöksdeltagarna skapade nya minnesnätverk för orden. Detta komplicerar frågan om huruvida inläring faktiskt skedde. Själva

orden i sig utgjorde inte ny information för deltagarna, endast orden i kombination med kontexten de presenterades i var ny. Även om våra resultat hade visat på en skillnad hade vi inte kunnat dra slutsatsen att skillnaden visade en kontextuell effekt på lärande, åtminstone inte lärande i syfte att lära sig ny information. För att komma runt detta hade vår ordlista kunnat ersättas av en lista med nonsensstavelser (Ebbinghaus, 1964) eller idiom (Gilchrist et al., 2008).

Anledningen till att deltagarnas egna uppfattning av deras upplevda presence inte undersöktes var för att vi initieellt ansåg det bättre att utgå från vad som möjliggör presence, i form av immersiv teknologi, och inte förlita oss på subjektiv rapportering. I efterhand kan detta ifrågasättas eftersom en sådan rapportering inte hade varit krävande för deltagarna, samt att det möjligtvis hade medfört intressant data för vidare analys. Resonemanget bakom grundas i tidigare erfarenheter från användandet av enkäter, genom vilken deltagaren uppskattar sin upplevda presence. Baserat på dessa tidigare erfarenheter valdes en sådan enkät bort. Däremot kunde en annan metod ha utforskats.

Då inspirationen för studien grundas i applicerandet av VR-teknik inom undervisning är åldern på försöksdeltagarna av intresse. Att använda skolelever som försöksdeltagare till den här typen av studier torde utgöra en bättre representation av den primära målgruppen för lärandeverktyg som använder sig av VR-teknologin.

Valet av mellangrupsdesign, som gjordes för att utesluta differential transfer, gav vårt experiment mindre känslighet. Att låta det gå längre tid, som ett dygn, mellan de olika betingelserna hade tillåtit användandet av inomgrupsdesign. Att utföra experimentet med samma betingelser, med inomgrupsdesign istället för mellangrupsdesign, hade ökat känsligheten för studien.

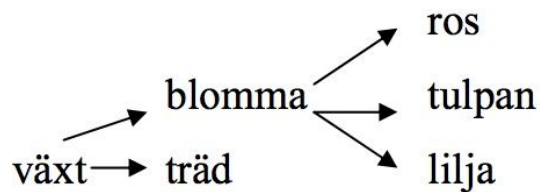
## 5.4 Förslag till framtida studier

När det nu inte finns något uppenbart skäl att anta att lärande i en virtuell miljö fungerar annorlunda än lärande i en fysisk miljö är det intressant att undersöka hur VR-tekniken bäst kan användas i lärandesyfte.

Upptäckten att olika ord återkallades i olika grad av försöksdeltagarna (se del 4.3) i de olika betingelserna erbjuder frågan om den virtuella miljön kan användas till att förbättra inkodningen av material. Om lärandematerialet presenteras verbalt i en virtuell miljö som presenterar relaterat material icke-verbalt kan information bearbetas av de parallella systemen som dual coding modellen beskriver (Clark & Paivio, 1991).

Ett sätt att undersöka detta skulle vara att presentera verbalt lärandematerial som har en

*hyponym relation* (figur 12) till icke-verbal information i den virtuella miljön. Ett exempel på detta skulle vara att ha en datoranimerad blomma i den virtuella miljön och ha underliggande instanser av den språkliga kategorin “blomma” som lärandematerial.



**Figur 12.** Schematisk beskrivning av hyponymirelationen, “ros”, “tulpan” och “lilja” är hyponym till “blomma”, som i sin tur är hyponym till “växt” (Allwood och Andersson, 1984).

Om en sådan studie hade visat på bättre inkodning som en följd en multimodal presentation av lärandematerial, kunde kunskap inom området leda till effektivt användande av VR-teknik i utbildningssyfte.

Det hade även varit intressant att undersöka hur lärandet påverkades om lärandematerialet presenterades i en virtuell miljö var en replika av det lärandematerialet behandlade. Som exempel hade olika städer kunnat besökas i VR och information om städerna kunde presenteras genom interaktion i den virtuella miljö. Detta kan jämföras med att samma information om städerna presenterats genom interaktion med en fysisk kartbok.

Att även undersöka hur återkallningen ser ut över en längre tid hade varit intressant för att se huruvida lärande i VR resulterar i att lärandematerialet återkallas bättre eller sämre över tid.

## 6 Slutsats

Vi har i denna uppsats undersökt om information som presenteras i en virtuell miljö är svårare att komma ihåg utanför den virtuella miljön. Anledningen till att undersöka detta var ett gemensamt intresse för VR-teknikens potential att revolutionera hur undervisning bedrivs. Lärandeverktyg som använder VR-teknik kan erbjuda elever en virtuell lärandemiljö, inom vilken interaktion med både lärandematerial, lärare och andra elever kan skräddarsys efter elevens behov, öppnas helt nya möjligheter upp.

Ur ett kognitivt perspektiv var det relevant att undersöka ifall det dök upp några direkta problem som en följd av teknikens påverkan på minnet och lärandet. Perspektivet att en lärandekontext utgörs av både miljön inom vilken lärandematerial presenteras samt lärandematerialet i sig var utgångspunkten för denna studie. Denna kontext kan presenteras som en virtuell miljö, via VR-glasögon. Med vår forskningsfråga ville vi undersöka om sådant lärandematerial blir inbäddat i den virtuella miljön och att återkallning av det försvårades när den virtuella miljön inte längre var tillgänglig.

Godden och Baddeley (1975) fann att en förändring mellan inlärningsmiljön och återkallningsmiljön påverkade återkallningen negativt. Författarnas studie blev således en naturlig utgångspunkt i utformningen av vårt experiment. Genom att låta försöksdeltagare memorera ordlistor kunde vi undersöka påverkan av en virtuell miljö för återkallningen.

Våra resultat visade inte någon försämrad återkallning till följd av förändrad miljö och låter oss därför inte förkasta nollhypotesen. Med detta kan vi konstatera att, under experimentförhållandena, hade en virtuell miljö ingen negativ påverkan på antalet ord som återkallades. Om våra resultat signalerar någon skillnad så är den till fördel för lärande inom virtuella miljöer, vilket gör oss hoppfulla att framtidens elever kommer ha stor nytta av VR-tekniken i sin utbildning.

## 7 Referenser

- Allwood, J., & Andersson, L. -G. (1984). *GULING I: Semantik*. Göteborg: Institutionen för lingvistik.
- Anderson, M. C. (2015). Retrieval. I A. Baddeley, M. W. Eysenck & M. C. Anderson (2nd Ed.), *Memory* (s. 195-226). East Sussex: Psychology Press.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences* (Vol. 4, No. 11, pp. 417-422). doi: [https://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://dx.doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. (2015a). Working memory. I A. Baddeley, M. W. Eysenck & M. C. Anderson (2nd Ed.), *Memory* (s. 67-100). East Sussex: Psychology Press.
- Baddeley, A. (2015b). What is memory?. I A. Baddeley, M. W. Eysenck & M. C. Anderson (2nd Ed.), *Memory* (s. 3-19). East Sussex: Psychology Press.
- Baddeley, A. (2015c). Short-term memory. I A. Baddeley, M. W. Eysenck & M. C. Anderson (2nd Ed.), *Memory* (s. 41-61). East Sussex: Psychology Press.
- Baddeley, A. (2015d). Episodic Memory: Organizing and Forgetting. I A. Baddeley, M. W. Eysenck & M. C. Anderson (2nd Ed.), *Memory* (s. 138-160). East Sussex: Psychology Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 8, pp. 47–89). New York: Academic Press.
- Bailey, J., Bailenson, J. N., Won, A. S., Flora, J., & Armel, K. C. (2012). Presence and memory: immersive virtual reality effects on cued recall. I *Proceedings of the International Society for Presence Research Annual Conference, October* (pp. 24-26).
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational psychology review*, 3(3), 149-210. doi: <https://dx.doi.org/10.1007/BF01320076>
- Cowan, N. (2010). The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why?. *Current directions in psychological science*, 19(1), 51-57. doi: <https://dx.doi.org/10.1177/0963721409359277>
- Cummings, J. J., & Bailenson, J. N. (2016). How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. I *Media Psychology*, 19(2), 272-309.



- Digi-Capital. (2016). *Augmented/Virtual Reality revenue forecast revised to hit \$120 billion by 2020*. Hämtad 2017-04-24, från <http://www.digi-capital.com/news/2016/01/augmentedvirtual-reality-revenue-forecast-revised-to-hit-120-billion-by-2020/#.WP3fF1PyjdQ>
- Ebbinghaus, H. (1964). *Memory: A contribution to experimental psychology* (H. A. Ruger, C. E. Bussenius, Övers.). New York: Dover. (Original work published 1885)
- Friendly, M. (1996), *Paivio et al. Word List Generator*, Online application. Hämtad 2017-04-08, från <http://www.datavis.ca/online/paivio/>
- Förstärkt verklighet. (2016, 16 juli). I *Wikipedia*. Hämtad 2017-04-24, [https://sv.wikipedia.org/wiki/F%C3%B6rst%C3%A4rkt\\_verklighet](https://sv.wikipedia.org/wiki/F%C3%B6rst%C3%A4rkt_verklighet)
- Gartner. (u.å.) *Gartner Hype Cycle*. Hämtad 2017-05-23, från <http://www.gartner.com/technology/research/methodologies/hype-cycle.jsp>
- Gilchrist, A. L., Cowan, N., & Naveh-Benjamin, M. (2008). Working memory capacity for spoken sentences decreases with adult ageing: Recall of fewer but not smaller chunks in older adults. In *Memory*, October Vol. 16:7, p. 773-787. Taylor & Francis Group.
- Goldman Sachs. (u.å.) *Virtual & Augmented Reality: The next big computing platform?*. Hämtad 2017-05-24 från <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/pages/virtual-and-augmented-reality-report.html>
- Godden, D. R., & Baddeley, A. D. (1975). Context-dependent memory in two natural environments: On land and underwater. *British Journal of psychology*, 66(3), 325-331. doi: <https://dx.doi.org/10.1111/j.2044-8295.1975.tb01468.x>
- Google Expeditions. (2016). *Google Expeditions*. Hämtad: 2017-04-25, från <https://edu.google.com/expeditions/#about>
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior: A neuropsychological approach*. John Wiley & Sons.
- Immersion [Origin, Def. 1]. (n.d.). I *Oxford Dictionary*, Hämtad 2017-05-02, från <https://en.oxforddictionaries.com/definition/immersion>
- Immersive VR Education. (2014). *Engage education platform*. Hämtad 2017-05-10, från <http://immersivevreducation.com/engage-education-platform/>
- Janlert, J. E. (2017). Virtuellt Verklighet. I *Nationalencyklopedin*. Tillgänglig: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/virtuellt-verklighet>

- Möller. L [gbgleo]. (2017a, 4 Maj). Pilotstudie 1, Videofil. Hämtad från <https://youtu.be/DRRncas88hs>
- Möller. L [gbgleo]. (2017b, 16 Maj). VR Lista 1, Spellista med Videofiler. Hämtad från [https://www.youtube.com/playlist?list=PLCd43mME9oLINGSKGGK\\_NogVIT4LltqrWY](https://www.youtube.com/playlist?list=PLCd43mME9oLINGSKGGK_NogVIT4LltqrWY)
- Lang, B. (2014, 24 september) Oculus shares 5 key ingredients for presence in virtual reality. *Road to VR*. Hämtad 2017-05-09, från <http://www.roadtovr.com/oculus-shares-5-key-ingredients-for-presence-in-virtual-reality/>
- Löwel, S., & Singer, W. (1992). Selection of intrinsic horizontal connections in the visual cortex by correlated neuronal activity. *Science*, 255(5041), 209. doi: <https://dx.doi.org/10.1126/science.1372754>
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63(2), 81.
- Pokémon GO. (2016). *Pokémon Go*. Hämtad 2017-05-01, från <http://www.pokemon.com/us/pokemon-video-games/pokemon-go/>
- Radvansky, G. A., Krawietz, S. A., & Tamplin, A. K. (2011). Walking through doorways causes forgetting: Further explorations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(8), 1632-1645.
- Reisberg, D. (2013). Interconnections between acquisition and retrieval. Reisberg, D (5th Ed), *Cognition: exploring the science of the mind* (s. 199-236). New York, London: W. W. Norton.
- Ryan, J. (1969). Temporal grouping, rehearsal and short-term memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 21(2), 148-155. doi: <https://dx.doi.org/10.1080/14640746908400207>
- Shaughnessy, J. J., Zechmeister, E. B., & Zechmeister, J. S. (2015). *Research methods in psychology* (10th Ed., International edition). New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Schuemie, M. J., Van Der Straaten, P., Krijn, M., & Van Der Mast, C. A. (2001). Research on presence in virtual reality: A survey. *CyberPsychology & Behavior*, 4(2), 183-201. doi: <http://dx.doi.org/10.1089/109493101300117884>
- Smith, C. (2017, 19 april) 80 incredible Pokemon GO statistics and facts (April 2017). *DMR*. Hämtad 2017-05-14 från <http://expandedramblings.com/index.php/pokemon-go-statistics/>
- Smith, S. M., & Vela, E. (2001). Environmental context-dependent memory: A review and meta-analysis. *Psychonomic bulletin & review*, 8(2), 203-220.

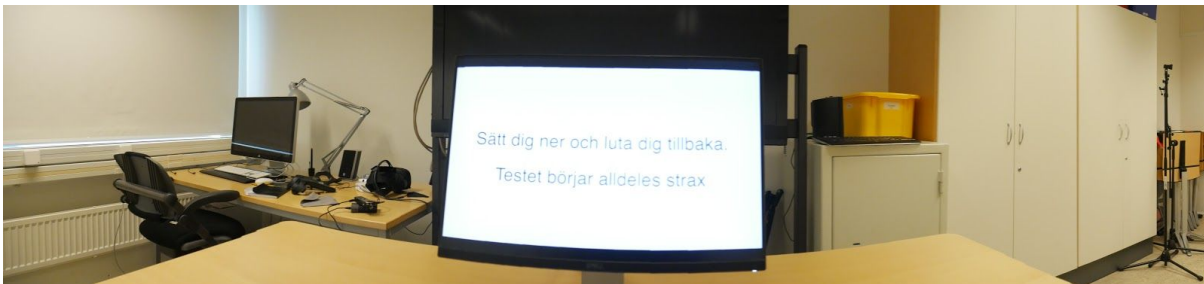
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257-285. doi: [https://dx.doi.org/10.1207/s15516709cog1202\\_4](https://dx.doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4)
- Tulving, E., & Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological review*, 80(5), 352. doi: <https://dx.doi.org/10.1037/h0020071>
- Wickelgren, W. A. (1964). Size of rehearsal group and short-term memory. *Journal of Experimental Psychology*, 68(4), 413. doi: <https://dx.doi.org/10.1037/h0043584>
- Wirth, W., Hartmann, T., Böcking, S., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H., ... & Biocca, F. (2007). A process model of the formation of spatial presence experiences. *Media psychology*, 9(3), 493-525. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/15213260701283079>

# Bilagor

## Bilaga A1 Station 2 (Knowledge Lab)



## Bilaga A2 Datorskärm



## Bilaga A3 Skidglasögon

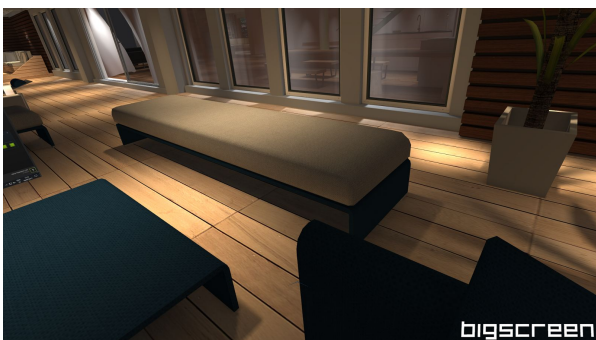
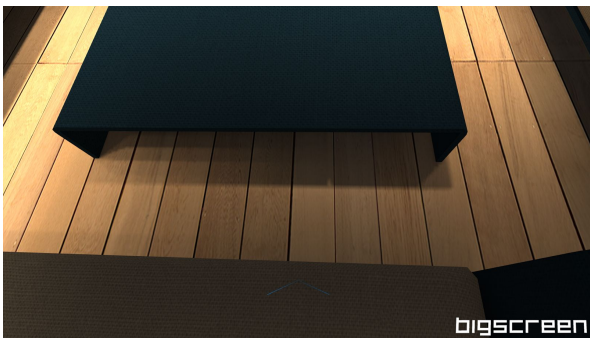
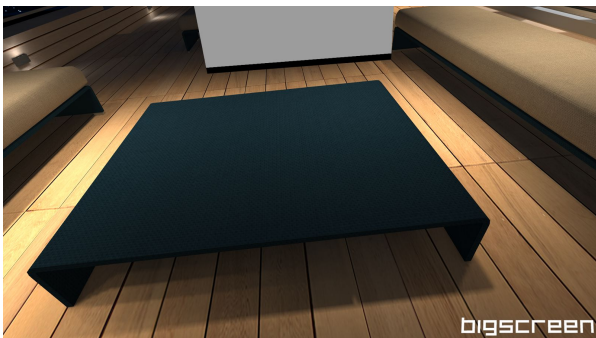
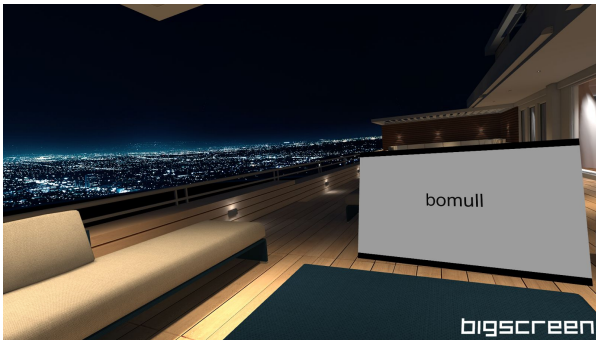


## Bilaga A4 VR-Glasögon





Bilaga B BigScreen Beta



## Bilaga C1 Genererad ordlista samt översättning

freq	syllables	letters	word	imagery	concreteness	meaning	stavelser	bokstäver	översättning
100	3	6	animal	6.1	6.75	7	1	4	djur
100	2	7	picture	6.2	6.75	7.16	1	4	bild
100	1	5	woods	6.7	6.87	7.84	1	4	skog
100	2	6	butter	6.57	6.96	6.91	1	4	smör
100	2	6	corner	6.13	6.65	5.67	1	4	hörn
100	1	5	shore	6.63	6.69	8.13	1	6	strand
100	1	5	horse	6.8	6.94	8.67	1	4	häst
100	1	5	chair	6.63	7	7.2	1	4	stol
100	1	5	grass	6.63	6.96	7.54	1	4	gräs
100	2	8	mountain	6.77	7	7.58	1	4	berg
100	1	5	storm	6.43	6.45	7.21	1	5	storm
100	2	5	river	6.63	6.83	7.52	1	4	flod
100	1	5	table	6.5	7	7.6	1	4	bord
100	2	5	water	6.6	6.96	7.5	2	6	vatten
100	1	6	church	6.63	6.59	7.52	2	5	kyrka
100	2	6	circle	6.23	6	4.88	2	6	cirkel
100	2	6	winter	6.53	5.83	8.32	2	6	vinter
100	2	5	money	6.43	6.63	6.68	2	6	pengar
100	2	5	paper	6.3	6.89	7.68	2	6	papper
100	2	7	machine	6	6.75	5.88	2	6	maskin
100	1	6	street	6.57	6.62	7.48	2	4	gata
100	2	6	cotton	6	6.9	7.13	2	6	bomull
100	2	6	flower	6.57	6.96	7.13	2	6	blomma
100	2	7	college	6.2	6.38	7.28	2	5	skola
100	2	5	sugar	6.57	6.96	7	2	6	socker

## Bilaga C2 Ordlistor

Lista 1	Lista 2	Lista 3	Lista 4	Lista 5	Lista 6	Lista 7	Lista 8	Lista 9	Lista 10
socker	kyrka	socker	cirkel	cirkel	papper	berg	storm	vatten	hörn
storm	gräs	hörn	pengar	kyrka	stol	smör	bild	djur	skog
vatten	maskin	skola	skog	socker	socker	blomma	flod	häst	berg
cirkel	stol	bild	storm	vinter	bord	storm	strand	hörn	gräs
flod	storm	smör	berg	skog	vinter	djur	maskin	vinter	bord
smör	cirkel	stol	gräs	berg	cirkel	kyrka	pengar	pengar	blomma
kyrka	flod	häst	flod	gräs	häst	skog	skola	gata	bomull
papper	vatten	vatten	socker	bild	gata	pengar	gata	blomma	stol
berg	skog	storm	strand	bord	vatten	gata	häst	skog	smör
bild	bomull	berg	vinter	flod	pengar	cirkel	socker	socker	bild
pengar	häst	skog	häst	skola	bomull	maskin	cirkel	bild	häst
häst	djur	flod	djur	stol	skola	vinter	kyrka	bomull	vatten
strand	bild	strand	papper	hörn	skog	hörn	berg	bord	socker
hörn	papper	maskin	blomma	storm	smör	stol	stol	cirkel	gata
bomull	strand	vinter	smör	strand	berg	bord	bord	berg	kyrka
skola	pengar	pengar	bord	djur	gräs	flod	djur	smör	papper
maskin	berg	cirkel	bild	bomull	storm	socker	blomma	kyrka	djur
skog	vinter	gata	skola	vatten	djur	bild	skog	storm	vinter
vinter	smör	bord	maskin	blomma	bild	strand	smör	strand	cirkel
djur	gata	kyrka	kyrka	papper	maskin	häst	papper	stol	strand
gata	hörn	gräs	vatten	maskin	hörn	papper	gräs	papper	storm
blomma	bord	blomma	gata	häst	kyrka	skola	hörn	flod	pengar
gräs	socker	djur	bomull	pengar	blomma	vatten	bomull	gräs	flod
bord	skola	bomull	hörn	gata	flod	bomull	vinter	maskin	skola
stol	blomma	papper	stol	smör	strand	gräs	vatten	skola	maskin
Lista 11	Lista 12	Lista 13	Lista 14	Lista 15	Lista 16	Lista 17	Lista 18	Lista 19	Lista 20
djur	kyrka	skola	pengar	gräs	skog	skog	socker	skola	gräs
storm	smör	storm	stol	papper	kyrka	hörn	skola	strand	flod
häst	maskin	gata	vatten	gata	storm	blomma	häst	vinter	strand
vatten	socker	skog	strand	storm	skola	gräs	stol	flod	bild
strand	papper	cirkel	cirkel	skola	bord	bord	cirkel	djur	bomull
bild	cirkel	maskin	häst	smör	djur	papper	vinter	gräs	häst
papper	bomull	blomma	gata	vinter	flod	flod	bord	socker	skola
kyrka	bord	hörn	bild	socker	berg	häst	vatten	blomma	maskin
bord	vinter	smör	storm	kyrka	strand	pengar	bomull	papper	cirkel
hörn	gata	vatten	bomull	skog	häst	storm	smör	gata	vatten
skog	skog	berg	skola	strand	cirkel	gata	berg	stol	djur
bomull	berg	flod	kyrka	djur	maskin	skola	papper	häst	stol
smör	strand	vinter	berg	vatten	stol	djur	kyrka	maskin	vinter
gräs	pengar	socker	socker	cirkel	hörn	maskin	gräs	skog	blomma
stol	bild	bomull	flod	blomma	pengar	stol	pengar	bomull	pengar
cirkel	hörn	bord	hörn	pengar	gata	bomull	hörn	hörn	berg
blomma	stol	strand	maskin	maskin	smör	smör	gata	bord	gata
vinter	vatten	djur	bord	stol	bild	cirkel	bild	smör	skog
pengar	häst	bild	vinter	bord	vinter	vatten	flod	storm	storm
berg	flod	stol	smör	hörn	papper	bild	strand	berg	kyrka
flod	djur	pengar	blomma	flod	bomull	vinter	blomma	bild	socker
skola	storm	kyrka	djur	berg	vatten	socker	maskin	kyrka	hörn
gata	blomma	papper	skog	häst	socker	strand	djur	vatten	smör
socker	skola	häst	papper	bomull	gräs	berg	skog	pengar	bord
maskin	gräs	gräs	gräs	bild	blomma	kyrka	storm	cirkel	papper







## Bilaga D1 - Manus: Försöksledare 1

Innan instruktioner; be dem svara på formulär

- Hej, först och främst, tack för att ni ställer upp i vårt experiment.
- Vi kommer idag att testa ert minne, genom att visa 25 ord för er, och er uppgift är att komma ihåg så många av dem som ni kan
- Ni kommer att bli inspelade, detta då vi inte kommer vara i rummet med er - är detta ok för alla?
- När ni är klara med experimentet, var vänliga och prata inte med varandra om experimentet, det är viktigt att inte avslöja något för de som inte har gjort det ännu
- Sätt telefonen på ljudlöst
- Ytterligare instruktioner får ni var för sig i rummet, om ni inte har några specifika frågor nu innan, så börjar vi med första personen

Efter experimentet

Om personen kan stanna;

- Du kan sätta dig i soffan, och njuta av lite kaffe eller te
- Som jag nämnde tidigare är det bra om du inte pratar om experimentet med någon innan alla har gjort det
- När alla är färdiga får ni gå in och testa VR

Om personen måste gå;

- Tack för att du medverkade i vårt experiment
- Ta gärna lite kaffe eller te innan du går

## Bilaga D2 - Manus: Försöksledare 2

### För deltagare i Grupp VR

- Deltagare x? Välkommen in!
- Du kan sätta dig på stolen så ska du få sätta på dig VR-glasögonen och ställa in dem så att de sitter bekvämt. Jag hjälper till om det behövs.
- [Inställning av skidglasögon]
- Sitter glasögonen bra? Ser du vad som står på skärmen?
- Du får gärna se dig omkring.
- Jag kommer att sätta igång testet och sedan går jag ut ur rummet så att du blir själv här inne.
- Efter bilden som du ser på skärmen, som kommer att visas tills jag har gått ut, kommer en instruktion att memorera orden.
- Efter det kommer 25 ord att presenteras på skärmen, 1 ord i taget och du memorerar alltså så många du kan.
- När alla ord har presenterats får du en instruktion att ta av dig VR-glasögonen och lägga dem på bordet framför dig. Då gör du de
- Därefter blir du instruerad att räkna baklänges från 100 med tre siffrors mellanrum, alltså 100... 97... 94... osv.
- Detta gör du högt.
- ~~Räkneuppgiften~~ håller på i 30 sekunder och du räknar ner så länge som instruktionen visas på skärmen.
- När instruktionen slutar du att räkna ner.
- Och sen är nästa instruktion att högt säga alla ord som du kommer ihåg av de 25 som presterades, i vilken ordning du vill, så många du kan.
- Då har du en hel minut på dig att säga alla ord som du kommer ihåg
- När minuten har gått kommer det att stå "tack för ditt deltagande" och då kan du komma ut.
- Har du några frågor nu, innan jag går ut?

### För deltagare i Grupp DS (datorskärm)

- Deltagare x? Välkommen in!
- Du kan sätta dig på stolen så ska jag gå igenom vad som kommer att hända.
- Jag kommer att sätta igång testet och sedan går jag ut ur rummet så att du blir själv här inne.
- Efter bilden som du ser på skärmen, som kommer att visas tills jag har gått ut, kommer en instruktion att memorera orden.
- Efter det kommer 25 ord att presenteras på skärmen, 1 ord i taget och du memorerar alltså så många du kan.
- När alla ord har presenterats får du en instruktion att sitta kvar och vänta, i ungefär 10 sekunder.
- Därefter blir du instruerad att räkna baklänges från 100 med tre siffrors mellanrum, alltså 100... 97... 94... osv.
- Detta gör du högt.
- ~~Räkneuppgiften~~ håller på i 30 sekunder och du räknar ner så länge som instruktionen visas på skärmen.
- När instruktionen slutar du att räkna ner.
- Och sen är nästa instruktion att högt säga alla ord som du kommer ihåg av de 25 som presterades, i vilken ordning du vill så många du kan.
- Då har du en hel minut på dig att säga alla ord som du kommer ihåg
- När minuten har gått kommer det att stå "tack för ditt deltagande" och då kan du komma ut.
- Har du några frågor nu, innan jag går ut?

### För deltagare i Grupp SG (skidglasögon)

- Deltagare x? Välkommen in!
- Du kan sätta dig på stolen så ska du få sätta på dig skidglasögonen och ställa in dem så att de sitter bekvämt. Jag hjälper till om det behövs
- [Inställning av skidglasögon]
- Sitter glasögonen bra?
- Jag kommer att sätta igång testet och sedan går jag ut ur rummet så att du blir själv här inne.
- Efter bilden som du ser på skärmen, som kommer att visas tills jag har gått ut, kommer en instruktion att memorera orden.
- Efter det kommer 25 ord att presenteras på skärmen, 1 ord i taget och du memorerar alltså så många du kan.
- När alla ord har presenterats får du en instruktion att sitta kvar och vänta, i ungefär 10 sekunder.
- Därefter blir du instruerad att räkna baklänges från 100 med tre siffrors mellanrum, alltså 100... 97... 94... osv.
- Detta gör du högt.
- ~~Räkneuppgiften~~ håller på i 30 sekunder och du räknar ner så länge som instruktionen visas på skärmen.
- När instruktionen slutar du att räkna ner.
- Och sen är nästa instruktion att högt säga alla ord som du kommer ihåg av de 25 som presterades, i vilken ordning du vill, så många du kan.
- Då har du en hel minut på dig att säga alla ord som du kommer ihåg
- När minuten har gått kommer det att stå "tack för ditt deltagande" och då kan du komma ut.
- Har du några frågor nu, innan jag går ut?

## Bilaga E - Formulär till Försöksdeltagare

### Deltagare:

#### 1. Kön

- Kvinna
- Man
- Annat/ vill inte svara

#### 2. Alder

---

#### 3. Sysselsättning

- Student
- Arbetar
- Annat

#### 4. Är svenska ditt förstaspråk?

- Ja
- Nej

#### 5. Har du tidigare använt något VR headset? (Oculus, Vive, Gear VR, etc.)

- Ja
- Nej

#### 6. Om "Ja" på föregående fråga, hur mycket tidigare erfarenhet har du?

- Mindre än 1 timmes erfarenhet
  - Mindre än 10 timmars erfarenhet
  - Mer än 10 timmars erfarenhet
-