

Äventyr i Matteskogen: Virtual Reality som utbildningsverktyg

Björn Holmstedt

DEPARTMENT OF DESIGN SCIENCES
FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY
2018

EXAMENSARBETE



Äventyr i Matteskogen

Virtual Reality som utbildningsverktyg

Björn Holmstedt



LUND
UNIVERSITY

Äventyr i Matteskogen

Virtual Reality som utbildningsverktyg

Copyright © 2018 Björn Holmstedt

Publicerad av
Institutionen för designvetenskaper
Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet
Box 118, 221 00 Lund

Ämne: Interaktionsdesign (MAMM01)
Avdelning: Ergonomi och Aerosolteknologi
Huvudhandledare: Joakim Eriksson
Examinator: Johanna Persson

Abstract

Education is an important part of our society and with technological advancements there is room for improvement. Computers, smartphones, tablets and applications are widely spread as educational tools in today's classrooms. A new technological revolution is about to happen, which is called Virtual Reality.

This thesis examines the usability of Virtual Reality as an educational tool. Since Virtual Reality is a good tool for gaming it was assumed there was potential for Virtual Reality as an educational tool which could help to motivate and interest students in subjects they previously didn't find interesting.

A math game in Virtual Reality was developed using user centered design. To examine the effects the game had on learning a test was given to fifth graders. After the fifth graders had tested the game they were given the same test to see potential improvements.

The fifth graders had a couple of weeks prior to the test learned the same areas the game aimed to teach. Therefore they got almost identical results on the first test and the second test. Because of these results no effect on learning with Virtual Reality could be proved. The fifth graders answered a form after the tests and the results from the form was very positive. They found the game very amusing and they would rather learn mathematics in Virtual Reality than with the mathematics books.

Keywords: Virtual Reality, User Centered Design, Interaction Design, Educational Tool.

Sammanfattning

Utbildning är en viktig del av vårt samhälle och med hjälp av ny teknik finns det utrymme för förbättring. Idag används datorer, applikationer till smarta telefoner samt surfplattor i stor utsträckning inom utbildning. En ny teknikrevolution håller på att äga rum, nämligen Virtual Reality.

Detta examensarbete undersöker användbarheten för Virtual Reality som utbildningsverktyg. Eftersom Virtual Reality lämpar sig bra som ett spelverktyg antogs potential finnas att motivera och intressera elever för ämnen de tidigare ansett mindre intressanta.

Ett matematikspel i Virtual Reality utvecklades med hjälp av användarcentrerad design. För att undersöka spelets effekt på inlärande gavs ett diagnostiskt test till femteklassare. Efter att de testat spelet gavs de samma test för att fastställa eventuella förbättringar.

Eleverna som utförde sluttestet hade några veckor tidigare precis lärt sig samma område som spelet lärde ut. Därför fick de nästan identiska resultat på det första diagnostiska provet och det andra diagnostiska provet. Detta medförde att ingen inlärning med hjälp av Virtual Reality som verktyg kunde bevisas. Däremot visade enkäten som eleverna svarade på efter spelet att de tyckte spelet var mycket roligt och att de mycket hellre lär sig matematik i Virtual Reality än med hjälp av matematikböcker.

Nyckelord: Virtual Reality, Användarcentrerad Design, Interaktionsdesign, Utbildningsverktyg.

Tack till

Jag vill tacka min sambo Sara Labour som hjälpt till att bolla idéer angående Matteskogen samt spelat in rösten till räven Rita. Jag vill tacka min pappa Tomas Henrysson som hjälpt mig strukturera rapporten. Jag vill tacka min handledare Joakim Eriksson för all hjälp från början till slut. Slutligen vill jag tacka Peter Stern som hjälpte mig samla ihop femteklassare till sluttestet.

Innehållsförteckning

Introduktion.....	11
1.1 Syfte.....	12
1.2 Genomförande.....	12
Teoretisk bakgrund	14
2.1 Pedagogik.....	14
2.1.1 Motorisk inlärning.....	14
2.1.2 Social inlärning.....	14
2.1.3 Inlevelse	15
2.1.4 Variationsteori	16
2.2 Användarcentrerad design	17
2.2.1 Frågeformulär.....	18
2.2.2 Prototyp	19
2.2.3 Användartest.....	19
Teknisk bakgrund	20
3.1 Virtual Reality.....	20
3.1.1 Oculus Rift.....	20
3.1.2 HTC Vive.....	22
3.1.3 Google Cardboard	24
3.2 Unity.....	25
Metod	27
4.1 Konceptfas	27
4.1.1 Frågeformulär.....	27
4.1.2 Spelkoncept	28
4.2 Utvecklingsfas.....	28
4.2.1 Iterativ utveckling.....	28
4.3 Slutfas	29
4.3.1 Diagnostiskt test innan spelet	29
4.3.2 Sluttest.....	29
4.3.3 Diagnostiskt test efter spelet	30
4.3.4 Frågeformulär.....	30
Resultat	31
5.1 Resultat från lärarenkät	31

5.2 Resultat konceptfas	35
5.2.1 Frågeformulär.....	35
5.2.2 Spelkoncept	35
5.3 Utvecklingsfasen.....	36
5.3.1 Iteration 1.....	36
5.3.2 Iteration 2	39
5.3.3 Iteration 3.....	42
5.3.4 Iteration 4.....	45
5.3.5 Iteration 5.....	50
5.4 Diagnostiskt test innan spelet.....	52
5.5 Diagnostiskt test efter spelet	53
5.6 Frågeformulär efter spel.....	54
Diskussion.....	58
6.1 Utveckling i VR	58
6.2 VR som läromedel	60
6.3 Metod.....	61
6.4 Svårigheter	61
6.5 Framtida utveckling och arbete	62
Slutsats	64
Referenser.....	66

Bildlista

Figur 1.1	Överblick av projektplanen	13
Figur 2.1	Bilden illustrerar begreppet <i>uncanny valley</i>	16
Figur 3.1	Oculus HMD placeras på huvudet och är hårdvaran som genererar bilden i VR	21
Figur 3.2	Oculus touch-kontroller används för att interagera med VR-applikationer	22
Figur 3.3	Oculus-sensor kartlägger användarens rörelser	22
Figur 3.4	HTC Vive HMD	23
Figur 3.5	HTC Vive touch-kontroll	23
Figur 3.6	HTC Vive-sensorer används till att registrera användarens rörelser	24
Figur 3.7	Google Cardboard är en enklare variant av HMD	25
Figur 3.8	Gränssnittet för en scen i Unity Editor	26
Figur 4.1	Testperson under sluttestet	29
Figur 5.1	Fördelningen av årskurser lärarna undervisar i	31
Figur 5.2	Andelen som tidigare testat någon form av Virtual Reality	32
Figur 5.3	Vilka ämnen lärarna anser att eleverna har svårt för	33
Figur 5.4	Allmänna frågor till lärarna	34
Figur 5.5	Lärarnas ställning till Virtual Reality som ett utbildningsverktyg	35
Figur 5.6	En första prototyp där själva spelkonceptet testades	37
Figur 5.7	Logik lades till att sju av tio cylindrar skulle vältas	37
Figur 5.8	En bugg som orsakade att bollarna genererades i ett för högt tempo	38
Figur 5.9	Matteskogen ovanifrån	40
Figur 5.10	Låg-polygon-objekt i Matteskogen	40
Figur 5.11	3D-modellen för flaskorna	41
Figur 5.12	Flaskorna krossas då de kommer i kontakt med en sten som har tillräckligt hög hastighet	41
Figur 5.13	Matteskogens läraravatar räven Rita	43
Figur 5.14	För att komma igenom introduktionen var användaren tvungen att lära sig att interagera med knapparna	43
Figur 5.15	Spelaren lär sig här att kasta stenar på objekt. Till höger visualiseras knappen på kontrollen som är aktuell	44

Figur 5.16 Ritas 100 syskon nedanför användaren	46
Figur 5.17 20 av Ritas syskon springer iväg och Rita frågar användaren hur stor andel i procent som är kvar	46
Figur 5.18 Rita går igenom begreppen procent och bråk	47
Figur 5.19 Bana två. Här ska eleven skjuta ner rätt antal bollar i luften med hjälp av en airzooka	47
Figur 5.20 Introduktion till interaktionsmomenten i bana två	48
Figur 5.21 Transparenta korkar finns ovanför spelobjekten för att illustrera antalet krossade flaskor	49
Figur 5.22 En påminnelse om uppgiften skrevs ut på stenen under Rita	49
Figur 5.23 Visualiseringen av knappar och kontroller ändrades till 3D-objekt	51
Figur 5.24 Representationen av bråk innan ändringen	51
Figur 5.25 Representationen av bråk efter ändringen	51
Figur 5.26 Den nya 3D-modellen för airzookan	52
Figur 5.27 Elevernas svar på frågan ”Du tycker matematik är”	53
Figur 5.28 Elevernas svar på frågan ”Hur många procent är 4/5?”. Endast en elev svarade fel	53
Figur 5.29 Elevernas svar på frågan ”Har du testat någon form av VR förut?”	54
Figur 5.30 Elevernas svar på fråga 2	54
Figur 5.31 Elevernas svar på fråga 3. 1 = mycket svårt, 5 = mycket lätt	55
Figur 5.32 Elevernas svar på frågan om hur det var att lära matematik i VR	55
Figur 5.33 Elevernas svar på hur de tyckte det var i Matteskogen	56
Figur 6.1 En av eleverna hade skadat högerarmen och använde därför vänster hand när han spelade	62

Akronym och förkortningslista

VR - Virtual Reality

HMD - Head Mounted Display

UCD - User Centered Design

Lo-fi - Low fidelity

Hi-fi - High fidelity

Immersion – Inlevelse

Kapitel 1

Introduktion

Utbildning är en viktig del i vårt samhälle, skolan både fostrar elever och lär dem kunskaper som sedan möjliggör samhällets utveckling. Läkare ser till att hålla oss friska, ingenjörer utvecklar tekniska lösningar som underlättar vår vardag och så vidare. Desto bättre utbildning vi får ju bättre resultat produceras. Av denna anledning är det viktigt att våra utbildningar håller hög kvalité, därför läggs det mycket resurser på att förbättra våra utbildningar. De senaste decennierna har det skett en enorm teknikutveckling som nu börjar leta sig in i klassrummen med mål att förbättra och underlätta undervisningen. Verktyg som datorer, surfplattor, applikationer med mera finns redan i klassrummen men då nya tekniska framsteg görs banas vägen för nya verktyg.

Virtual Reality (VR) är ett koncept som har funnits länge. Redan 1929 byggdes en maskin vid namn *Link Trainer* som användes för blivande stridspiloter som ett utbildningsverktyg. Pilotstudenterna kunde med hjälp av *Link Trainer* öva på att flyga ett flygplan samt navigera med hjälp av instrumentpanelen utan att behöva lämna marken och därför utan att ta några risker. Idag har teknikutvecklingen gett oss helt andra och nya möjligheter inom VR. Vi kan transporteras in i en 3D-värld där vi navigerar och påverkar omgivningen med hjälp av kroppsrörelser. Dagens VR gör det möjligt för oss att klyva atomer och bekämpa eldsvådor med hög realism utan risker. I teorin är det ett perfekt utbildningsverktyg.

Motivation och intresse är viktiga aspekter inom utbildning, då eleven finner ett ämne intressant tenderar eleven att jobba hårdare och mer koncentrerat. VR som idag främst används inom spelindustrin har mycket god förmåga att engagera och intressera användare.

En lärare kan omöjligt hjälpa samtliga elever i en klass under en hel lektion. Elever behöver mycket uppmärksamhet och hjälp då de introduceras till nya ämnen och begrepp. Ett argument för att VR kan vara användbart inom utbildning är just uppmärksamhet. En virtuell lärare har all tid i världen att hjälpa en elev. I

takt med att priset på VR-utrustning sjunker kan i teorin en hel klass individuellt undervisas samtidigt av var sin virtuell lärare. En virtuell lärare kan kanske aldrig ersätta en riktig lärare med tanke på vikten av mänsklig kontakt och interaktion, men kan redan idag användas som ett komplement. Den virtuella läraren skulle kunna vägleda eleverna, motivera samt svara på frågor.

VR har redan börjat användas inom undervisning på ett fåtal skolor. Främst genom applikationer som låter elever besöka svårtillgängliga eller avlägsna platser, exempelvis *Google Expeditions*. Interaktiva applikationer inom matematik och dylikt är fortfarande ett relativt utforskat område och kan förhoppningsvis vara ett positivt tillskott till dagens utbildning.

1.1 Syfte

Syftet med denna uppsats var följande: *undersöka förmågan hos Virtual Reality som verktyg att utbilda elever samt intressera dem av ämnen de tidigare ansett mindre intressanta*. För att lättare svara på frågeställningen ställdes följande frågor:

- Hur skiljer sig inlärning i VR från traditionella inlärningssätt?
- Vilka slutsatser kunde dras efter sluttestet?
- Är VR ett gångbart utbildningsverktyg i framtiden?

Genom att svara på ovanstående frågor var tanken att det skall framgå ifall VR är ett bra utbildningsverktyg.

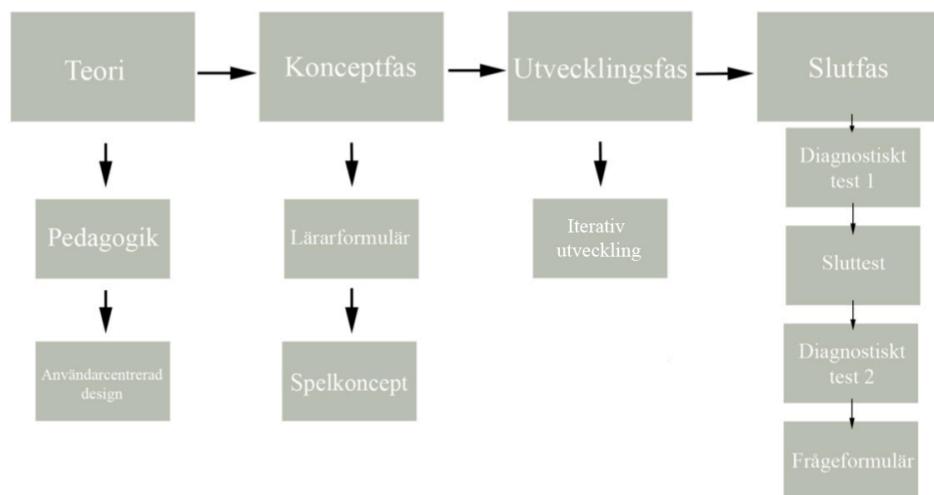
1.2 Genomförande

I projektets första skede ställdes frågor vars svar i slutet av projektet skulle avgöra VRs gångbarhet som utbildningsverktyg. Efter detta gjordes en projektplan med riktlinjer för utförandet av projektet:

- Ta reda på vilket ämne eleverna tycker är minst intressant där hjälpen behövs som mest. Detta ska göras med hjälp av en enkät som skickas till lärare för rätt målgrupp.
- Studera pedagogikteori då det är en viktig aspekt för utbildningsverktyg.
- Utveckla ett pedagogiskt VR-spel med hjälp av användarcenterad design. Efter varje iteration kommer spelet utvärderas med hjälp av användartester.

- Sista momentet inleds med ett diagnostiskt test för att fastställa elevernas förkunskaper. Sedan ska de testa spelet och efter det göra ett till diagnostiskt test. Resultaten kommer jämföras för att undersöka hur mycket de lärt sig med hjälp av spelet. Slutligen kommer de svara på ett formulär bestående av frågor angående deras uppfattning om VR som utbildningsverktyg.

Applikationen skulle utvecklas för plattformen Oculus Rift med hjälp av spelmotorn Unity. Anledningen till dessa val var att grundläggande erfarenhet redan fanns för både Oculus Rift och Unity. Målgruppen valdes efter samtal med barn till en familjeväg. Intresse för VR som utbildningsverktyg fanns samt intresse att delta i användartester. Då personen i fråga var 11 år valdes femteklassare som målgrupp. Åmnet applikationen skulle lära ut baserades på svar från lärare för denna målgrupp.



Figur 1.1 Överblick av projektplanen.

Kapitel 2

Teoretisk bakgrund

2.1 Pedagogik

2.1.1 Motorisk inlärning

I studien "Physically active learning" utförd av Marijke Wijnsma undersöks huruvida fysisk aktivitet i samband med inlärning medför positiva effekter [1]. Wijnsma menar att fysisk aktivitet i samband med inlärning ökar barns inlärningsförmåga och studieresultat. Testerna genomfördes under två år genom att jämföra två grupper av elever som vid början av experimentet gick i tredje klass. En av grupperna lärde sig matematik, läsförståelse och rättstavning genom fysisk aktivitet direkt kopplad till inlärningsprocessen. Den andra gruppen lärde sig saker inom samma område men genom konventionell undervisning. Ett exempel på hur en fysisk lektion gick till var att barnen skulle svara på multiplikationsfrågor genom att hoppa lika många gånger som deras svar. Barnen som lärde sig genom fysisk aktivitet fick bättre resultat i samtliga ämnen direkt efter testerna. Efter sju till nio månader var deras kunskaper dock bara bättre i matematik än gruppen som lärt sig genom konventionell undervisning. Utöver bättre resultat upptäcktes en direkt ökning av hjärnaktivitet och ökad uppmärksamhet, samt permanenta förändringar i hjärnfunktion och hjärnstruktur.

2.1.2 Social inlärning

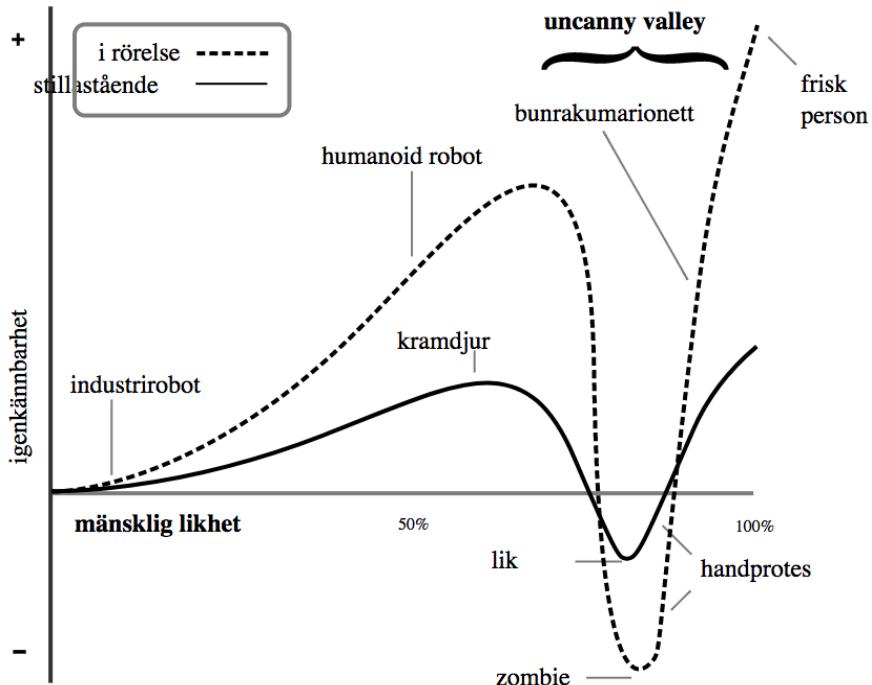
I ett klassiskt klassrum är elever mer eller mindre anonyma. Läraren kan endast rikta sin uppmärksamhet åt en elev i taget. Enligt Blascovich presterar elever bättre då de har en social kontakt i samband med inlärandet [2]. I VR är det möjligt att ge samtliga elever i ett klassrum full uppmärksamhet under en hel lektion. Detta hade varit möjligt att uppnå i verkliga livet också men det hade inte varit realistiskt med tanke på de enorma resurser som krävs för att tillgodose en

lärare per elev. Med VR kan varje elev få sin egen virtuella lärare. I en undersökning gjord av Blascovich uppnår elever som sitter närmre läraren ett bättre studieresultat [2]. En anledning till detta sägs vara att eleven som sitter långt ifrån läraren inte känner sig uppmanad att koncentrera sig och lätt börjar tänka på annat.

De två vanligaste sätten att göra en virtuell lärare på är antingen en så kallad agent eller en avatar. En agent är menad att avbilda en människa, med mänskliga rörelser och mänskligt utseende. Det krävs dock väldigt mycket jobb för att en agent ska uppfattas som trovärdig. Då användaren förväntar sig att agenten ska uppföra sig som en vanlig människa kan onaturliga rörelser eller ansiktsuttryck minska trovärdigheten drastiskt och distrahera användaren från den egentliga uppgiften. En avatar kan ta form som vad som helst, exempelvis används ett gem som hjälpreda i Microsoft Word. Eftersom användaren inte vet hur ett talande gem rör sig eller beter sig uppfattas avataren i större utsträckning som trovärdig och användaren kan istället lägga fullt fokus på uppgiften [2].

2.1.3 Inlevelse

Immersion är det engelska ordet för inlevelse och används flitigt i VR-sammanhang. Inlevelse är en stor del av själva VR-upplevelsen, användaren ska med så många sinnen som möjligt förflyttas till den virtuella världen. Inlevelse i sig är kanske inte ett begrepp som förknippas med pedagogik, men då en elev använder VR som ett inlärningsverktyg krävs det att den virtuella världen inte distraherar utan snarare ger användaren en känsla av inlevelse för att kunna hålla en högre koncentrationsnivå. Då omgivningen tar för mycket fokus eller distraherar försvinner samtidigt fokus från själva uppgiften. Enligt Herrington krävs inte full realism för att uppnå inlevelse [3]. Likt Blascovichs upptäckt angående agenter och avatarer krävs det mycket mindre arbete av utvecklaren att få användaren att uppleva hög inlevelse i en fantasivärld än i en värld skapad för att efterlikna vår egen [4]. Ett begrepp som bra beskriver vad Herrington menar är ”uncanny valley” [5] eller kusliga dalen på svenska. Enligt bilden nedan visas igenkännbarhet på y-axeln och mänsklig likhet på x-axeln. Slutsatsen som kan dras av diagrammet är att det är bättre ur ett inlevelse-perspektiv att göra omgivning och varelser mindre realistiska än att göra dem så realistiska som möjligt med dagens teknik.



Figur 2.1 Bilden illustrerar begreppet *uncanny valley*.

2.1.4 Variationsteori

Variationsteori är en teori om lärande och utvecklades ursprungligen av Ference Marton. Vid användandet av variationsteori ska läraren identifiera de delar av uppgiften som är essentiella för inlärandet. Ett variationsmönster kan sedan användas för att förstärka de viktiga delarna av uppgiften så att eleven enklare kan lära sig. Inlärning med hjälp av variationsteori sker genom att eleven ser en variation från ett tillfälle till ett annat mot en identisk bakgrund. Eleven kan då koppla utförda handlingar till variationer som sker och på så sätt förstärka inlärandet [6].

Ett välkänt experiment baserat på variationsteori utfört av Nemirovsky och Wright lät testpersoner se en graf framför sig [7]. Grafens utformning baserades på testpersonens rörelser i förhållande till ett antal sensorer. Testpersonerna kunde genom att röra sig påverka grafen och lärde sig efter ett tags användande hur de kunde påverka grafen med hjälp av olika rörelser och olika hastigheter. Denna typ av inlärning gjordes möjlig genom variationsteori då testpersonerna fick direkt återkoppling på sina rörelser och tydligt såg utfallet av deras rörelser ändra grafen i realtid [7].

2.2 Användarcentrerad design

Användarcentrerad design (User Centered Design) är ett relativt nytt sätt att utveckla en produkt. Fokus ligger på slutanvändaren och under hela designprocessen testas och utvärderas produkten av slutanvändare. Uttrycket myntades av Donald Norman [8] i samband med utgivandet av hans bok *User-Centred System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction*. Två år senare byggde Norman vidare på teorin i boken *The Psychology Of Everyday Things* (POET). I POET uppmarksammar han användarens behov och fokuserar på designens användbarhet. Norman ger i boken fyra förslag hur en bra design ska vara uppbyggd [9]:

- Gör det enkelt att avgöra vilka interaktionsmöjligheter som är möjliga vid varje tillfälle.
- Gör saker synliga, inklusive den konceptuella modellen av systemet, alternativa handlingsmöjligheter samt resultatet av handlingarna.
- Gör det enkelt att utvärdera systemets nuvarande läge.
- Följ den naturliga kopplingen mellan intentioner och nödvändiga åtgärder; mellan åtgärden och den resulterande effekten; och mellan den synliga informationen och tolkningen av systemets läge.

Att säga till designers att produkten ska vara intuitiv är inte tillräckligt. Enligt Norman krävs följande designprinciper för att guida designen [10]:

- Använd både kunskap i världen och kunskap i huvudet. Genom att bygga konceptuella modeller, skriva manualer som är enkla att förstå och skrivna innan designen är implementerad.
- Förenkla strukturen av uppgifterna. Var noga med att inte överbelasta korttidsminnet, eller långtidsminnet hos användaren. I genomsnitt kan användaren hålla reda på fem saker åt gången. Se till att uppgiften är konsekvent och förser användaren med mentala hjälpmittel för att enkelt hämta information från långtidsminnet. Se till att användaren har kontroll över uppgiften.

- Gör saker synliga: överlappa avståndet mellan utförande och utvärdering. Användaren ska kunna förstå användningen för ett objekt genom att se rätt knappar eller apparater för att utföra en uppgift.
- Utför kartläggningen på ett korrekt vis. Ett sätt att göra saker enkla att förstå är med hjälp av bilder.
- Utnyttja kraften av begränsning, både naturlig och artificiell, för att ge användaren uppfattningen att det bara finns ett alternativ.
- Designa med fel i åtanke. Planera för möjliga fel som kan göras, på detta sätt får användaren en möjlighet att återhämta från möjliga fel som uppstått.
- När inget annat fungerar, standardisera. Skapa en internationell standard om någonting inte kan designas utan godtycklig kartläggning.

2.2.1 Frågeformulär

Frågeformulär är en vanligt förekommande teknik för att samla data, information och ta reda på användares åsikter. Frågeformulär är ett bra redskap då man vill få många svar och geografiskt spridda svar. Till skillnad från en intervju måste frågorna vara mycket tydliga då skaparna av formuläret ofta inte är närvarande vid svarstillfället. I en intervju kan intervjuaren omformulera en klumpigt ställd fråga eller förklara och utveckla frågan. Ledande frågor ska undvikas då de kan påverka svaren. Ett undantag är då formuläret varierar negativt ledande frågor med positivt ledande frågor för att på så vis ta reda på svarspersonens inställning till formuläret [11].

Enligt Preece, Rogers och Sharp ska ett frågeformulär följa fyra riktlinjer [11]:

- Ordningen på frågorna är viktig då frågans betydelse kan uppfattas annorlunda beroende på ordningen av frågorna.
- Tänk på att anpassa frågorna efter svarspersonerna.
- Tillgodose tydliga instruktioner för hur formuläret ska genomföras. Exempelvis då bara en box ska fyllas i, skriv det.
- Balansen mellan skrivutrymme som ges på ett svar och vikten av att hålla formuläret koncist är viktigt för att behålla svarspersonernas uppmärksamhet genom hela formuläret.

2.2.2 Prototyp

Att arbeta med hjälp av prototyper möjliggör för utvecklaren att testa produkten på slutanvändare i ett tidigare skede än ifall utvecklaren väntar till produkten är färdig. Viktig återkoppling kan då ges av användare och en bättre slutprodukt kan uppnås. Det finns två olika typer av prototyper, *low fidelity-prototyp* och *high fidelity-prototyp*. *Low fidelity-prototyp* (Lo-fi) är en mycket enkel version av produkten som ofta bara testar en del av funktionerna. Huvudsyftet med *Low fidelity-prototyper* är att testa olika designval och idéer [12]. *High fidelity-prototyp* (Hi-fi) är en mer påkostad prototyp som är närmre slutprodukten i utseende och funktion. Denna typ av prototyp fungerar på samma sätt som slutprodukten är tänkt att fungera men det krävs mer resurser att utveckla jämfört med en *Low fidelity-prototyp* [12].

2.2.3 Användartest

Användartest används för att ta reda på hur målgruppen för en produkt använder produkten och vad deras åsikter om produkten är. Enligt Dumas och Redish har ett användartest följande fem mål [13]:

- Förbättra produktens användarvänlighet.
- Involvera riktiga användare i tester.
- Ge användarna riktiga uppgifter att klara av.
- Ge testledarna möjlighet att observera och spela in testpersonernas handlingar.
- Ge testledarna möjlighet att analysera data från testet och göra ändringar därefter.

Kapitel 3

Teknisk bakgrund

3.1 Virtual Reality

Idag finns det många alternativ för att konsumera VR-innehåll. Oculus Rift och HTC Vive är två av de största och mest tekniskt avancerade alternativen. Det finns dock mer ekonomiska lösningar i form av Google Cardboard där användaren kan konsumera VR-innehåll med hjälp av en mobiltelefon och en enkel kartongkonstruktion.

3.1.1 Oculus Rift

Oculus Virtual Reality-headset började som en kickstarter-kampanj år 2012 [14]. Det var startskottet för Virtual Reality riktat till konsumenter. Kampanjen fick mycket uppmärksamhet och var startskottet för det stora intresse vi ser idag. Oculus köptes av Facebook år 2014 för cirka 2 miljarder dollar [15]. I mars 2016 släpptes konsumentversionen Oculus Rift.

Oculus Rift är kopplad med en sladd till en dator. Då varje öga visas 1080x1200 pixlar i 90 Hz per sekund krävs kraftfulla komponenter för att kunna driva innehållet. Headsetet har en betraktningsvinkel på 110 grader [16].

Användarens rörelser följs med hjälp av två IR LED-sensorer placerade framför användaren samt accelerometrar och gyroskop placerade i headsetet. Oculus Touch är en handkontroll som låter användaren navigera och interagera med den virtuella världen med hjälp av händerna.



Figur 3.1 Oculus HMD placeras på huvudet och är hårdvaran som genererar bilden i VR [17].



Figur 3.2 Oculus touch-kontroller använder för att interagera med VR-applikationer [17].



Figur 3.3 Oculus-sensor kartlägger användarens rörelser [17].

3.1.2 HTC Vive

HTC Vive är ett Virtual Reality-headset utvecklat av företaget HTC och släpptes 5 april 2016 [18]. Vive är en direkt konkurrent till Oculus Rift då de båda kräver trådad koppling till en dator för att fungera och specifikationerna är nästintill identiska. Vive har en upplösning på 1080x1200 pixlar per öga och en

uppdateringsfrekvens på 90 Hz per sekund [19]. Headsetet har en betraktningsvinkel på 110 grader.

Vive följer användarens rörelser med hjälp av två stycken sensorer utplacerade i rummet samt accelerometrar och gyroskop i själva headsetet. Även Vive har två handkontroller vilka låter användaren interagera med och styra den virtuella miljön med hjälp av händerna.



Figur 3.4 HTC Vive HMD [20].



Figur 3.5 HTC Vive touch-kontroll [20].



Figur 3.6 HTC Vive sensorer används till att registrera användarens rörelser [20].

3.1.3 Google Cardboard

Google Cardboard är en enklare typ av Virtual Reality-headset där användarens mobiltelefon står för den tekniska biten. Google Cardboard är bara ett headset där användaren placerar sin mobil och sedan startar en VR-applikation. Google Cardboard släpptes av Google 25 juni 2014 [21].



Figur 3.7 Google Cardboard är en enklare variant av HMD [22].

Idag finns det nyare versioner gjorda med bättre material men de fyller ändå samma funktion [23]. Tack vare headsetets enkelhet kan användare själva göra en liknande konstruktion som fungerar lika bra. Google startade detta projektet för att driva på intresset för VR och nå ut till fler användare som inte velat lägga större summor på de dyrare alternativen exempelvis Oculus.

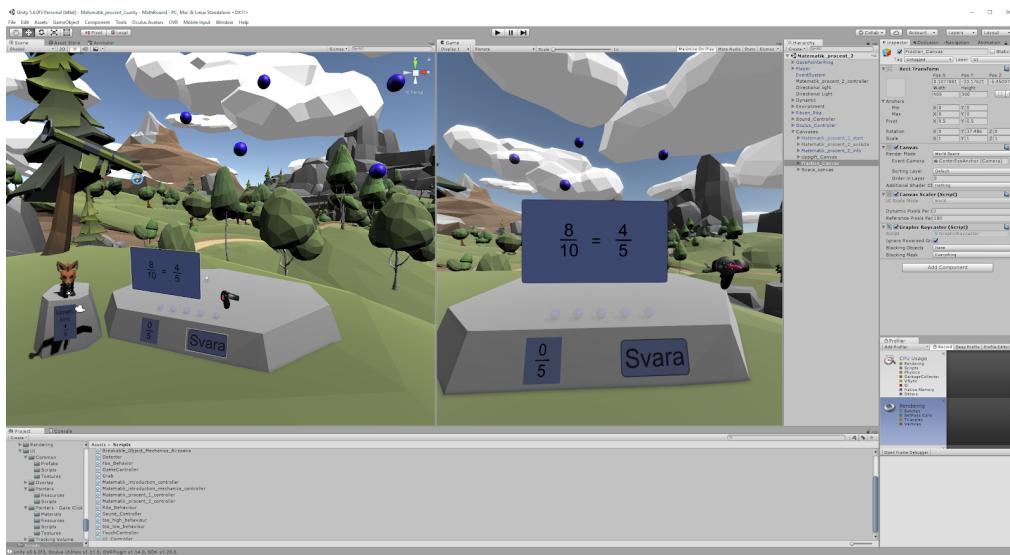
3.2 Unity

Unity är en gratis programvara för spelutveckling med redan färdig fysikmotor. Denna typ av programvara gör det möjligt för vem som helst utan större teknisk kunskap att skapa spel. Användaren behöver alltså inte skapa logiken från grunden för spelobjektens fysik och inverkan på spelmiljön vilket tidigare var en stor del av spelutvecklingen.

Unity har stöd för både 2D och 3D-spel till samtliga stora plattformar exempelvis Windows, Mac, Android, iPhone, Oculus Rift och HTC Vive [24].

Vid skapandet av ett spel måste användaren skapa så kallade *scenes*. En scen kan beskrivas som ett delmoment i ett fullständigt spel. I scenen skapas samtliga spelobjekt som ska användas i den specifika delen av spelet och all tillhörande logik. Figur 3.2.1 nedan visar ett exempel på hur en scen kan se ut. Scenens användargränssnitt kan ändras efter användarens preferenser. Ett flertal olika

programmeringsspråk finns tillgängliga att jobba med exempelvis C# och Javascript [24].



Figur 3.8 Gränssnittet för en scen i Unity Editor.

Kapitel 4

Metod

Teori kring ämnet studerades och lämpliga teorier och forskningsresultat blev sedan grunden för det fortsatta arbetet. I konceptfasen skickades enkäter ut till lärare där frågor ställdes angående vilket ämne som var bäst lämpat för detta projekt. Spelet utvecklades med hjälp av användarcentrerad design uppdelat i olika iterationer, där varje iteration avslutades med ett användartest. Efter iterationsfasen avslutades den praktiska delen av arbetet med ett sluttest där spelet testades på ett antal användare i rätt målgrupp. Före testet gavs ett diagnostiskt test för att testa elevernas kunskaper. Ett likadant test gavs till eleverna efter de testat spelet för att avgöra ifall de lärt sig något inom ämnet. Ett frågeformulär gavs ut till eleverna med frågor angående deras upplevelse av lärande med hjälp av VR.

4.1 Konceptfas

En konceptfas genomfördes med mål att underlätta utvecklingsfasen. Viktig information erhölls från mellanstadielärare genom ett frågeformulär. Med hjälp av informationen från frågeformuläret valdes ett ämne att bygga spelet kring. Ett spelkoncept tänktes ut med mål att lära ut ämnet som valdes med hjälp av frågeformuläret.

4.1.1 Frågeformulär

Ett frågeformulär gavs till ett antal lärare för målgruppen med frågor angående vilket eller vilka ämnen deras elever har svårast för och ansåg mindre intressanta. Dessutom ställdes frågor angående vilka digitala hjälpmittel de använder i undervisningen samt deras åsikt angående VR som hjälpmittel i skolan. Detta frågeformulär användes för att se ifall professionella inom området ansåg att

behov för ett VR-verktyg fanns och inom vilket specifikt område hjälpen behövdes som mest.

4.1.2 Spelkoncept

Grundtanken med projektet var att skapa ett roligare alternativ än de konventionella läromedel som används idag. Av denna anledning lades stor vikt vid att skapa en inspirerande och inbjudande miljö. En annan viktig punkt var att eleverna skulle kunna interagera med miljön och känna sig som en del av den virtuella världen. Teorin som studerades tidigare skulle vävas in i spelet, så som fysisk aktivitet och variationsteori. Fysisk aktivitet vid inlärning var en naturlig teori att implementera då eleverna skulle interagera med objekt och omgivning för att lösa uppgifter. Variationsteori kunde användas genom att på olika vis visualisera procent och bråkräkning.

4.2 Utvecklingsfas

4.2.1 Iterativ utveckling

En första prototyp gjordes i Unity med små resurser. Prototypen bestod av enkla 3D-objekt i form av cylindrar och klot, tanken var att testa konceptet på rätt målgrupp och analysera mottagandet. Då konceptet uppskattades av testpersonerna påbörjades iterationsarbetet.

En användarcentrerad designprocess användes vid utvecklingen av spelet. Det innebar att ändringar gjordes i spelet och funktioner lades till under en till två veckors tid. I slutet av varje iteration testades spelet av användare. Användarna var uppdelade i två grupper. Grupp A bestod av en testperson i rätt målgrupp, 11 år. Grupp B bestod av testpersoner i varierande åldrar mellan 18 och 65 år. Storleken på Grupp B varierade mellan varje iteration. Testerna gav viktig information angående nya ändringar och nya idéer uppkom då användarna stötte på problem eller gav tips på förbättring.

4.3 Slutfas

4.3.1 Diagnostiskt test innan spelet

I denna fas av projektet skulle spelet testas på ett antal personer i målgruppen för spelet. Åtta personer i tolvårsåldern fick testa spelet, men innan själva speltestet fick de ett diagnostiskt test bestående av sju frågor angående procent och bråk. Tanken bakom detta var att undersöka om deras kunskaper verkligen ökade med hjälp av spelet.

4.3.2 Sluttest

Under sluttestet fick eleverna i lugn och ro sitta ensamma och köra igenom spelets två banor och två introduktionsavsnitt. Eleverna uppmanades att försöka lösa all interaktion och alla problem på egen hand utan hjälp av testledaren. Tanken bakom detta var att se om spelet skulle kunna ersätta både en traditionell matematikbok och en matematiklärare. Testerna spelades in med hjälp av en videokamera, för att underlätta analys av testerna i efterhand (se figur 4.1).



Figur 4.1 Testperson under sluttestet

4.3.3 Diagnostiskt test efter spelet

Efter sluttestet fick eleverna göra ytterligare ett diagnostiskt test. Resultatet skulle sedan jämföras med det första diagnostiska testet för att kunna analysera spelets inverkan på elevernas kunskaper.

4.3.4 Frågeformulär

Slutfasens sista moment var att låta eleverna svara på ett frågeformulär där frågor ställdes angående deras upplevelser av spelet, allmänt om VR och deras åsikter angående VR som hjälpmittel i undervisning kontra traditionella inlärningsformer.

Kapitel 5

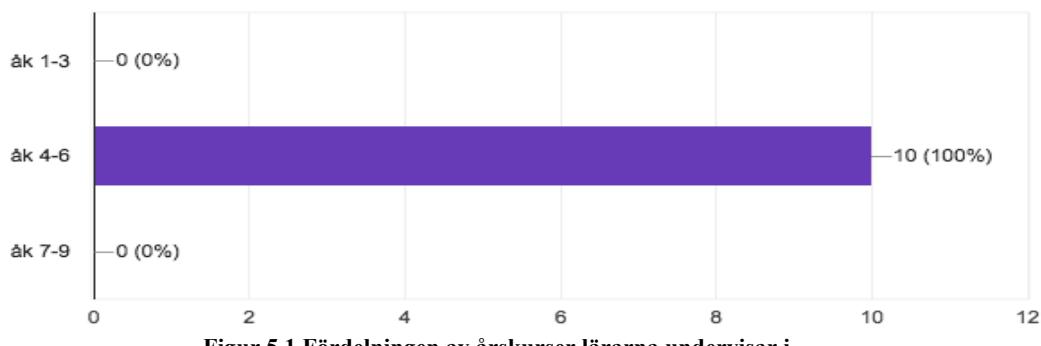
Resultat

Resultatdelen är uppdelad i sex delar som består av resultat från lärarenkäten, konceptfasen, iterationsfasen, första diagnostiska matematiktestet, andra diagnostiska matematiktestet och slutligen resultat från frågeformuläret efter sluttestet.

5.1 Resultat från lärarenkät

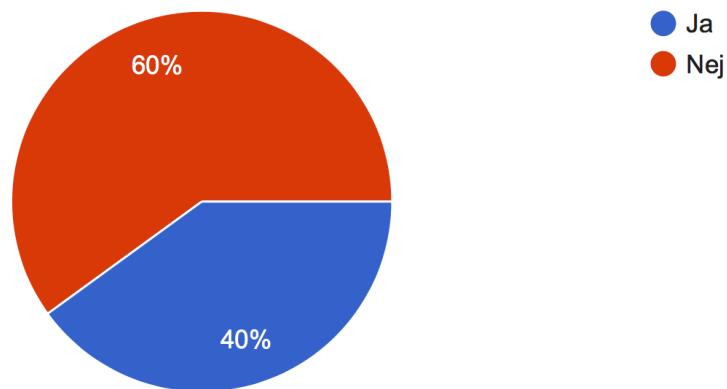
Detta frågeformulär var riktat till lärare för målgruppen. Sammanlagt svarade tio lärare på frågeformuläret.

Fråga 1: Vilka årskurser undervisar du i?



Samtliga lärare som svarade på enkäten undervisade i årskurserna fyra till sex.

Fråga 2: Har du testat någon form av Virtual Reality?



Figur 5.2 Andelen som tidigare testat någon form av Virtual Reality.

40 procent av lärarna hade testat VR tidigare.

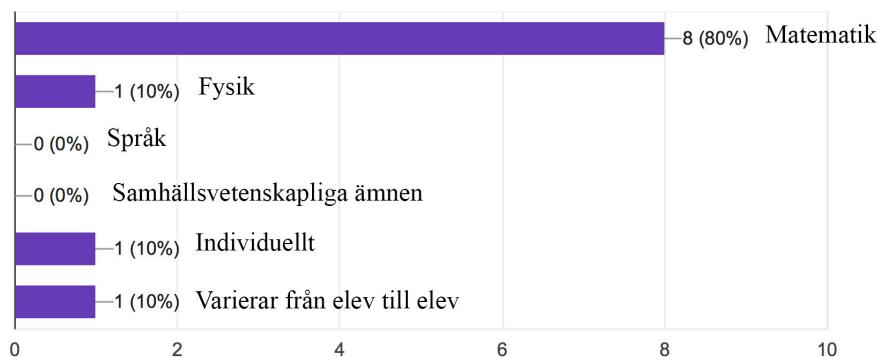
Fråga 3: Vad använder du för tekniska hjälpmmedel i undervisningen idag?

Lärarnas svar:

- Kahoot, Socrative, elevspel.se
- Ipad-appar och funktioner, tävlingar, Kahoot
- Kahoot, Quizlet, Quizlet live
- Socrative, Mento.se, Webtools.itgonline.se
- Whiteboard.fi, Poplet, Padlet
- Plickers, Google expeditions (VR), Memento (träna arbetsminne)
- Poplet, Padlet, EdQu

- Names in a hat, Mento.se, Quizlet, Google expeditions
- Kahoot och olika appar

Fråga 4: Vilket ämne anser du är generellt svårast för eleverna att förstå?



Figur 5.3 Vilka ämnen lärarna anser att eleverna har svårt för.

80 procent av lärarna svarade att matematik var det ämne som eleverna generellt har svårast för. 10 procent svarade fysik och 20 procent svarade att det är individuellt vilket ämne som är svårast. Detta resultat var möjligt då de kunde välja mer än ett svar.

Fråga 5: Varför tror du eleverna har problem med just detta ämne? Vad kan göras för att underlätta inlärandet?

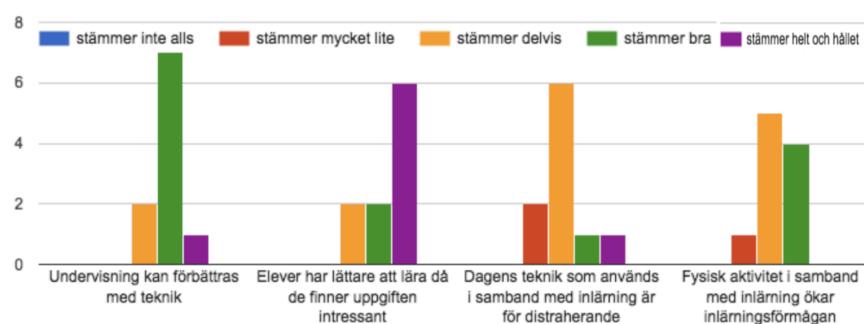
Lärarnas svar:

- Många uttrycker att ämnet är tråkigt och onödigt. Roligare undervisning :)
- Personliga faktorer
- tydligare kopplingar till elevernas "verklighet", att inte lära för lärandets skull utan se vinsten att lära sig just det momentet direkt
- bristande intresse

- De anser att det inte behövs senare i livet. Vilket är fel och det gäller att motbevisa dem.
- individuellt
- de anser att det är oanvändbart och onödigt
- Ämnen kan vid första anblick se svårare ut därfor ger de upp
- anledningarna till detta är mycket individuella

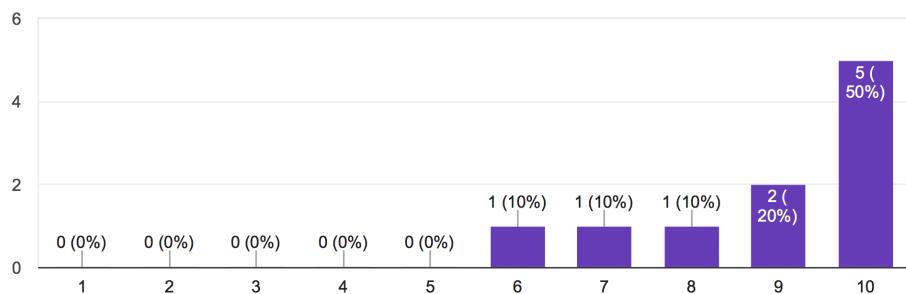
Fråga 6: Allmänna frågor

Enligt formuläret ansåg lärarna att undervisning kan förbättras med hjälp av teknik. Det framgick också att de ansåg att elever har lättare att lära då de finner ett ämne intressant (se figur 5.4).



Figur 5.4 Allmänna frågor till lärarna.

Fråga 7: Skulle du kunna tänka dig att använda ett Virtual Reality-spel för att hjälpa elever klara av ämnen de i dagsläget inte är intresserade av?



Figur 5.5 Lärarnas ställning till Virtual Reality som ett utbildningsverktyg.

En majoritet av lärarna var mycket positivt inställda till VR som hjälpmittel i undervisningen.

5.2 Resultat konceptfas

5.2.1 Frågeformulär

I frågeformuläret riktat till mellanstadielärare drogs slutsatsen att matematik var ett lämpligt ämne att lära ut med hjälp av VR. Enligt lärarna var matematik ett ämne eleverna tyckte var svårt samt ointressant. I femte klass lär sig eleverna procent och bråk, vilket på ett bra sätt kan visualiseras i VR. Därför valdes procent och bråk som område att lära ut med hjälp av spelet.

5.2.2 Spelkoncept

Ett spelkoncept skulle skapas där användarna kunde lära sig procent och bråk genom att interagera med VR-miljön. Ett par olika idéer gicks igenom mentalt där fördelar och nackdelar vägdes mot varandra. Tillslut valdes ett koncept där användaren skulle kasta stenar på 70 procent av tio flaskor.

5.3 Utvecklingsfasen

5.3.1 Iteration 1

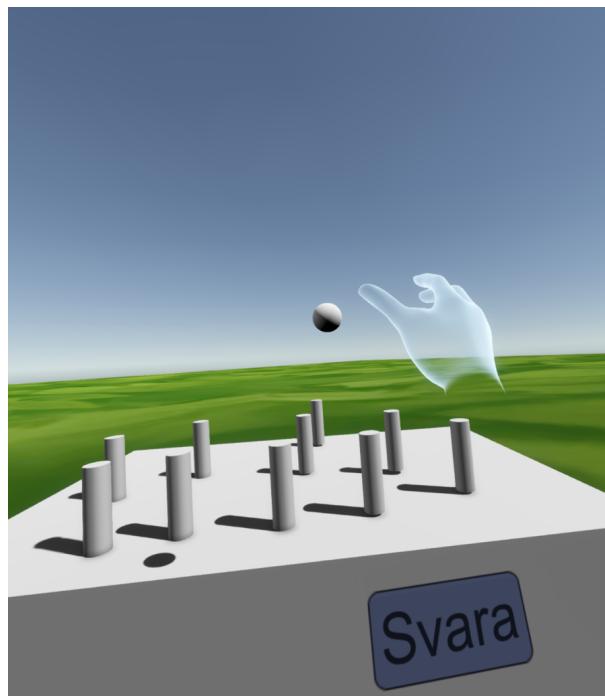
Idéprocess

I första iterationen var målet att skapa en bas att utgå ifrån, en bana där användaren skulle kunna interagera med spelet och ge viktig feedback till utvecklingsfasen. Fokus lades på interaktionen mellan användare och spel, utseende och känsla kom i andra hand.

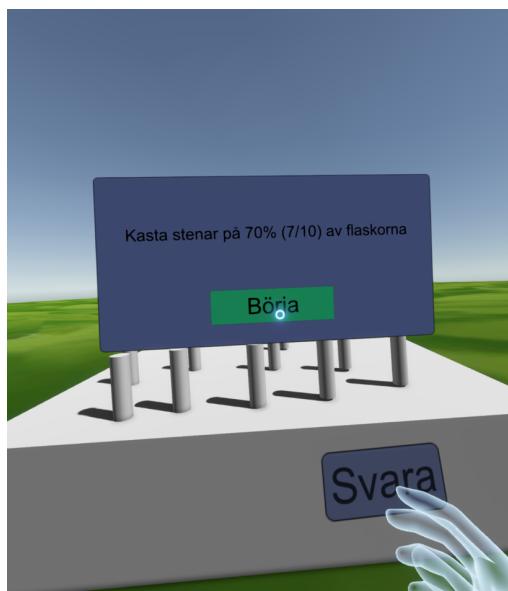
Målet med första banan var att låta användaren kasta stenar på flaskor. En uppgift gavs att förstöra 70 procent av flaskorna. I början av banan fick användaren se en textruta med instruktioner, när instruktionerna lästs skulle de trycka på knappen ”Börja” för att starta spelet. På användarens högersida genererades en sten de skulle greppa för att kasta på flaskorna. Så fort en sten kastats skulle en ny sten genereras. När användaren kastat ner rätt antal flaskor skulle de trycka på knappen ”Svara” för att gå vidare.

Prototyp

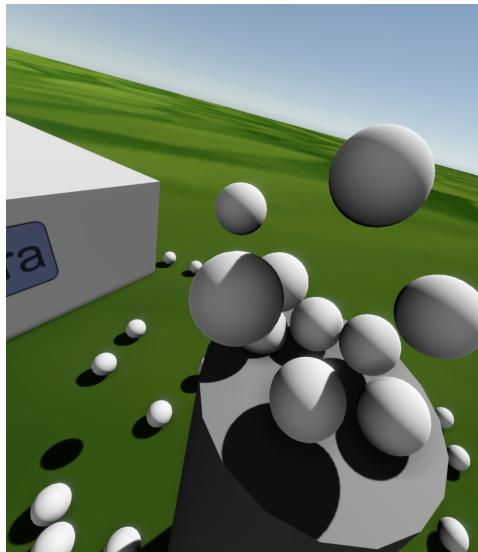
Då denna bana kunde skapas relativt snabbt behövdes ingen pappersprototyp utan banan skapades direkt i Unity med grundobjekt som klot och kuber. Stenarna representerades av klot och flaskorna av cylindrar (se figur 5.6). Logik lades till som avgjorde när en boll träffade en cylinder. Logik lades även till för att avgöra ifall 70 procent av cylindrarna träffats när användaren tryckte på knappen ”Svara” (se figur 5.7).



Figur 5.6 En första prototyp där själva spelkonceptet testades.



Figur 5.7 Logik lades till att sju av tio cylindrar skulle vältas.



Figur 5.8 En bugg som orsakade att bollarna genererades i ett för högt tempo.

Användartest

Under användartestet upptäcktes följande:

1. Problem uppstod i båda grupperna redan då de skulle trycka på knappen "Börja". Ett fåtal personer som använt VR innan klarade det men majoriteten behövde hjälp för att komma förbi startmenyn och in i spelet.
2. I grupp A men också i viss utsträckning i Grupp B påpekades det att de glömt hur många cylindrar som förstörts och hur många det var från början.
3. En bugg upptäcktes som i vissa fall fick bollarna att genereras i ett väldigt högt tempo vilket efter ett tag gjorde att spelet kraschade (se figur 5.8).
4. Hastigheten på bollen uppfattades som för långsam av användarna och inte realistisk.
5. Vid ett par tillfällen hände det att användaren hade en cylinder kvar att förstöra innan svaret var rätt. Då hände det att bollen studsade och förstörde en extra cylinder på samma kast. Då kunde användare få fel svar trots att de tänkt rätt. Därför skapades logik som innebar att en boll max kunde förstöra en cylinder.

Förbättringar

Ovanstående problem kunde lösas enligt nedan:

1. Redan i detta tidiga skede drogs slutsatsen att spelet skulle behöva någon form av förklaring hur VR-kontrollerna skulle användas men detta var av låg prioritet i detta skede av utvecklingsfasen.
2. Detta löstes genom att skapa en textruta under cylindrarna som i bråk visade hur många cylindrar som förstörts och hur många det fanns från början.
3. Buggen åtgärdades genom att begränsa generering av nya bollar till max varannan sekund.
4. Bollens fysiska egenskaper ändrades för att bättre efterlikna en bolls fysiska egenskaper i verkligheten.
5. Logik lades till så att en boll bara kunde förstöra en cylinder på ett och samma kast.

5.3.2 Iteration 2

Idéprocess

Första iterationen visade att konceptet uppskattades och var värt att fortsätta bygga vidare på. Andra iterationen bestod till stor del av grafiska förbättringar, exempelvis omgivningen, flaskor som krossades vid kontakt med en sten istället för de tidigare provisoriska cylindrarna och 3D-modell för stenen istället för det tidigare klotet.

För att maximera användarens känsla av inlevelse (se teori 2.1.3) skapades en låg-polygon-värld (se figurerna 5.9 och 5.10). Även objekt som flaskor och stenar skapades i samma stil (se figur 5.11). Denna stil användes främst av två skäl. Det är mindre krävande för datorns hårdvara att generera objekt med få polygoner eller kanter. Skäl nummer två nämns i teoridelen 2.1.3 som visar att användaren upplever högre känsla av inlevelse då världen och objekten inte försöker efterlikna verkligheten. Dessutom var denna typ av 3D-objekt enklare att skapa då endast begränsad erfarenhet av 3D-modellering fanns.

Prototyp

3D-modeller skapades i Blender och Unity. En del objekt köptes också i Unitys asset store. Flaskorna bestod av flera objekt och vid kontakt med en sten i tillräckligt hög fart gavs samtliga objekt fysikaliska egenskaper vilket resulterade i

att flaskan gav intrycket av att krossas (se figur 5.12). Ljudeffekter lades också till då en sten träffade andra stenar eller klippor och då en sten krossade en flaska.



Figur 5.9 Matteskogen ovanifrån.



Figur 5.10 Låg-polygon-objekt i Matteskogen.



Figur 5.11 3D-modellen för flaskorna.



Figur 5.12 Flaskorna krossas då de kommer i kontakt med en sten som har tillräckligt hög hastighet.

Användartest

Under användartestet upptäcktes följande:

1. Svårigheterna kvarstod för nya användare att förstå kontrollerna. Utöver att trycka på knappar i spelet hade majoriteten av de som inte testat VR förut problem att förstå hur man greppade och kastade stenarna.
2. Eftersom användaren i Grupp A var samma person genom samtliga iterationer visste denna användare sedan tidigare vad uppgiften gick ut på. I Grupp B framgick det tydligt att instruktionerna fortfarande mer eller mindre ignoreras.

Förbättringar

Ovanstående problem kunde lösas enligt nedan:

1. För att spelet skulle bli intuitivt och för att undvika frustration prioriterades skapandet av en genomgång av kontrollerna i spelets början. I genomgången skulle användaren lära sig trycka på knappar i spelet, greppa stenar och kasta stenar. Tanken bakom detta var att en användare som aldrig testat VR förut skulle kunna spela spelet utan instruktioner från en testledare.
2. För att göra användaren mer engagerad skapades en avatar. Avataren gjordes i form av en räv vid namn Rita. Ritas uppgift var att introducera användaren till spelet, förklara knapparna i genomgången, samt förklara uppgiften innan bananorna. En avatar skulle förhoppningsvis få effekten att användaren tog till sig uppgiften bättre än då uppgiften endast förklarades med hjälp av text.

5.3.3 Iteration 3

Idéprocess

Skapa genomgång av kontrollerna och testa på personer som inte använt VR förut. I samband med genomgången skapades räven Rita (se figur 5.13), en avatar med uppgift att hjälpa användaren genom spelets gång. Röstklipp till Rita skulle också spelas in.

Prototyp

Genomgången av kontrollerna skapades med en användare som aldrig testat VR tidigare i åtanke. Förklaring av varje moment skapades med bilder och Ritas röst som hjälpmittel (se figurerna 5.14 och 5.15). För att komma vidare i genomgången var användaren tvungen att klara varje moment. Tanken bakom

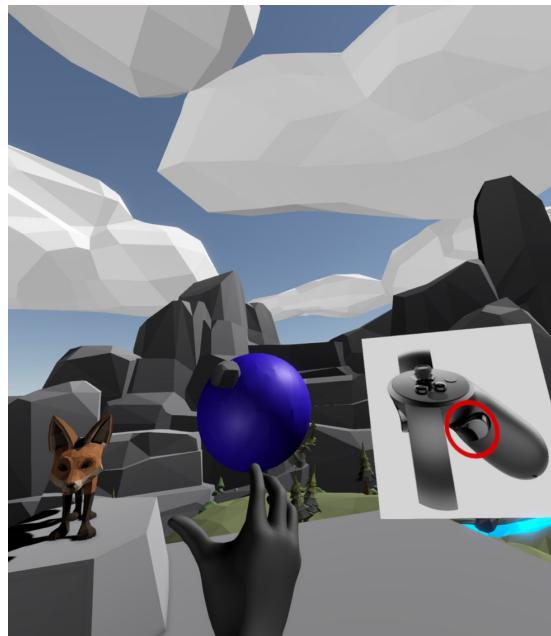
detta var att mer eller mindre tvinga användaren att lära sig interaktionsmomenten för att sedan kunna lägga all fokus på inlärning när spelet väl börjat.



Figur 5.13 Matteskogens läraravatar räven Rita



Figur 5.14 För att komma igenom introduktionen var användaren tvungen att lära sig att interagera med knapparna.



Figur 5.15 Spelaren lär sig här att kasta stenar på objekt.
Till höger visualiseras knappen på kontrollen som är aktuell.

Användartest

Under användartestet upptäcktes följande:

1. Störande att Rita inte rör sin mun när hon pratar.
2. En del användare klickade direkt på knappen "Börja" under genomgången av första banan. Detta ledde till att de senare inte visste vad uppgiften gick ut på.

Förbättringar

Ovanstående problem kunde lösas enligt nedan:

1. Animationer lades till då Rita pratade, hennes mun rörde sig upp och ned då ett röstklipp spelades.
2. Detta löstes genom att låsa knappen "Börja" fram tills att genomgången var klar. Då en användare svarat fel startades banan om men då fick de möjlighet att klicka på knappen "Börja" för att slippa behöva lyssna på genomgången flera gånger i rad.

5.3.4 Iteration 4

Idéprocess

Nya användare hade vid detta skede i utvecklingsfasen fortfarande problem med interaktionen med VR-kontrollerna. Ett nytt verktyg skulle därför behöva skapas för att på ett visuellt och pedagogiskt vis lära nya användare hur kontrollerna skulle användas.

Ett par lärare uttryckte i lärarenkäten vikten av att utnyttja möjligheterna med VR jämfört med en matematikbok. Detta gjordes genom att visualisera Ritas 100 syskon (se figurerna 5.16 och 5.17) samt visa hur många flaskor och bollar som skjutits ner av det totala antalet flaskor och bollar.

Prototyp

En genomgång av procent och bråk implementerades för att göra spelet till ett komplett instrument att lära användaren procent och bråk (se figur 5.18). Bana två skapades (se figur 5.19) och en introduktion till interaktionsmomenten för bana två skapades (se figur 5.20). Introduktionen för kontrollerna utformades som uppgifter användaren skulle klara av för att kunna gå vidare till nästa uppgift. Med hjälp av dessa uppgifter skulle användaren i introduktionen lära sig trycka på knappar, kasta stenar och skjuta stenar med en airzooka. Uppgifterna var utformade för att förbereda användaren för de interaktionssätt som sedan skulle förekomma i själva spelet.



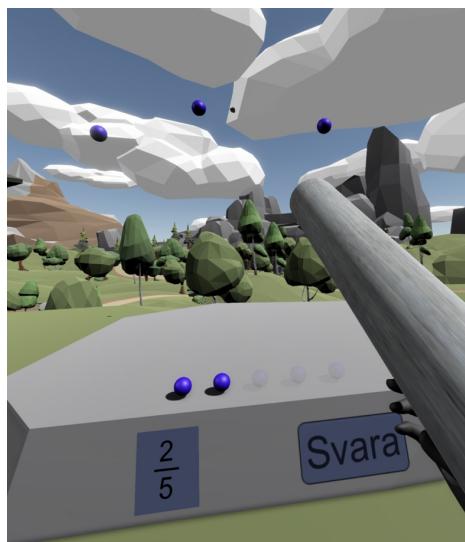
Figur 5.16 Ritas syskon nedanför användaren.



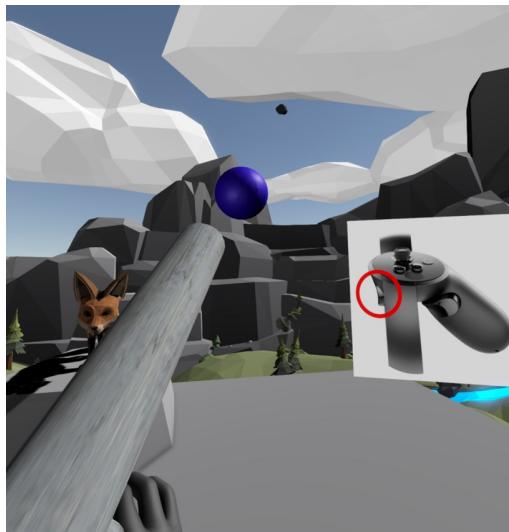
Figur 5.17 20 av Ritas syskon springer iväg och Rita frågar användaren hur stor andel i procent som är kvar.



Figur 5.18 Rita går igenom begreppen procent och bråk.



Figur 5.19 Bana två. Här ska eleven skjuta ner rätt antal bollar i luften med hjälp av en airzooka.



Figur 5.20 Introduktion till interaktionsmomenten i bana två.

Användartest

Under användartestet upptäcktes följande:

1. Problemet att användarna glömde själva uppgiften kvarstod.
2. De nya användarna i Grupp B hade svårt att koncentrera sig på Ritas genomgång då de var upptagna med att utforska miljön.

Förbättringar

Ovanstående problem kunde lösas enligt nedan:

1. En ruta lades till under Rita där uppgiften skrevs ut (se figur 5.22). Dessutom skapades transparenta objekt för att visualisera för användaren hur stor andel av flaskorna och bollarna som förstörts (se figur 5.21).
2. I början fick användaren 24 sekunder att se sig runt och bekanta sig med miljön i hopp om att omgivningen skulle uppfattas mindre distraherande under matematikmomenten.



Figur 5.21 Transparenta korkar finns ovanför spelobjekten för att illustrera antalet krossade flaskor.



Figur 5.22 En påminnelse om uppgiften skrevs ut på stenen under Rita.

5.3.5 Iteration 5

Idéprocess

Då en del nya användare fortfarande hade problem med interaktionen var introduktionen av kontrollerna tvungen att förbättras.

Bana två visade sig vara för avancerad för målgruppen. Att sex åttondelar motsvarar 75 procent var inte en självklarhet för femteklassare som precis introducerats till begreppet procent. Uppgiften i bana två var därför tvungen att förenklas.

Visualiseringen av bråktalen i textform var utförd på ett slarvigt vis med hjälp av snedstreck. Detta skapade en del förvirring hos användarna och sättet att skriva bråktal skulle behöva ändras.

Prototyp

Bilden på kontrollerna under introduktionen byttes ut mot en 3D-modell av en Oculus-kontroll. 3D-modellen roterade i realtid beroende på vilken del av kontrollen fokus låg på och den aktuella knappen användaren skulle trycka på uppmärksammades med hjälp av en pil (se figur 5.23).

Uppgiften i bana två ändrades från att skjuta ner sex av åtta bollar till att användaren skulle skjuta ner fyra av fem bollar. Eftersom denna uppgift fortfarande var svårare än första banans uppgift gjordes en kort introduktion till bråkförkortning innan banans start.

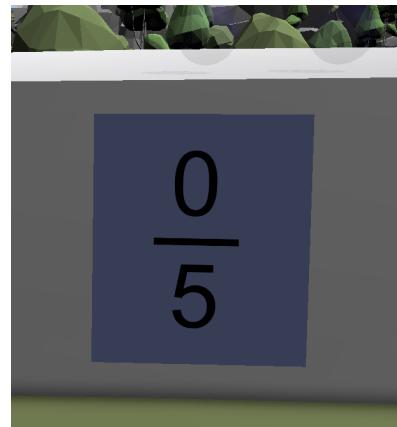
Visualiseringen av bråk i textform ändrades från snedstreck till ett klassiskt bråktecken (se figurerna 5.24 och 5.25).



Figur 5.23 Visualiseringen av knappar och kontroller ändrades till 3D-objekt.



Figur 5.24 Representationen av bråk innan ändringen.



Figur 5.25 Representationen av bråk efter ändringen.

Användartest

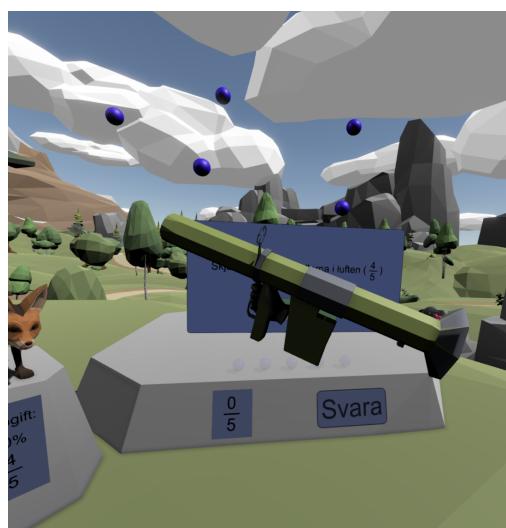
Under användartestet upptäcktes följande:

1. De nya användarna hade inga problem att interagera med hjälp av kontrollerna tack vare den nya introduktionen.
2. Svårighetsgraden på bana två blev mer anpassad till målgruppen efter förändringarna.
3. Ändringen av bråkens visualisering gav ett mer professionellt intryck vilket uppmärksammades av en del användare.

Förbättringar

Ovanstående problem kunde lösas enligt nedan:

Utöver en ny 3D-modell för airzookan (se figur 5.26) gjordes inga förbättringar efter denna iteration då spelet ansågs vara färdigt för sluttestet.

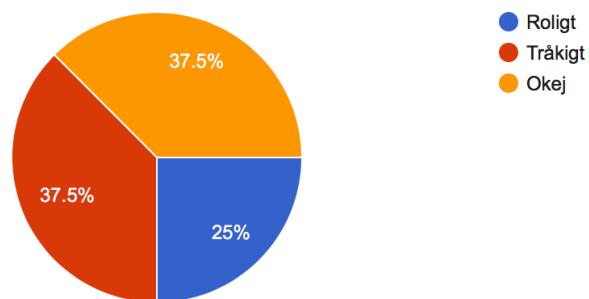


Figur 5.26 Den nya 3D-modellen för airzookan.

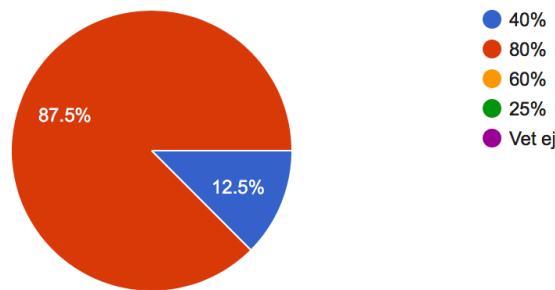
5.4 Diagnostiskt test innan spelet

Det diagnostiska testet som gavs till eleverna innan sluttestet visade att 25 procent av eleverna ansåg matematik roligt. Resterande elever tyckte matematik var okej

eller tråkigt, med jämn fördelning mellan de två alternativen (se figur 5.27). På det första diagnostiska testet svarade samtliga elever rätt på alla frågor förutom en fråga där endast en elev hade fel (se figur 5.28). Testet bestod sammanlagt av sju frågor.



Figur 5.27 Elevernas svar på frågan "Du tycker matematik är:".



Figur 5.28 Elevernas svar på frågan: "Hur många procent är 4/5?".
Endast en elev svarade fel.

5.5 Diagnostiskt test efter spelet

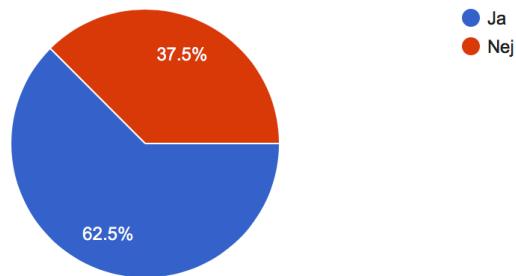
Detta diagnostiska test gavs till eleverna efter sluttestet för att ta reda på hur deras kunskaper om bråk och procent förändrats efter besöket i Matteskogen.

På det andra diagnostiska testet fick samtliga elever rätt på samtliga frågor. Testet bestod sammanlagt av sju frågor.

5.6 Frågeformulär efter spel

Detta frågeformulär gavs till eleverna efter dem slutfört det andra diagnostiska testet. Tanken med formuläret var att ta reda på elevernas åsikter angående VR i allmänhet och VR som inlärningsverktyg. Sammanlagt svarade åtta elever på frågeformuläret.

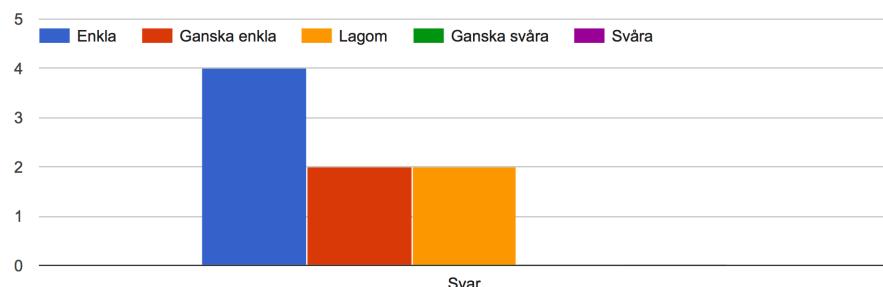
Fråga 1: Har du testat någon form av VR förut?



Figur 5.29 Elevernas svar på frågan: "Har du testat någon form av VR förut?"

62.5 procent av eleverna hade testat någon form av VR tidigare.

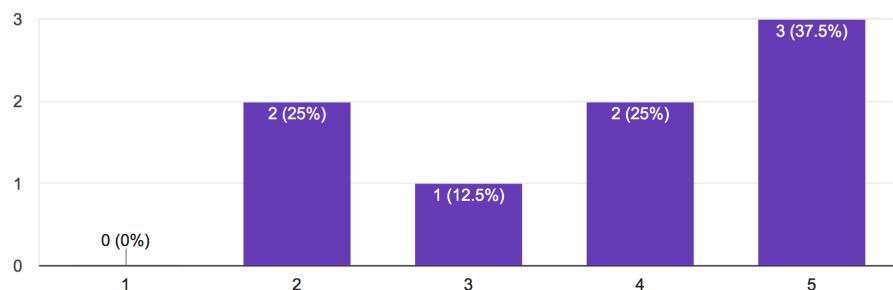
Fråga 2: Uppgifterna var:



Figur 5.30 Elevernas svar på fråga 2.

Hälften av eleverna ansåg att uppgifterna var enkla. 25 procent ansåg att uppgifterna var ganska enkla. Lika stor andel svarade att uppgifterna var lagom svåra.

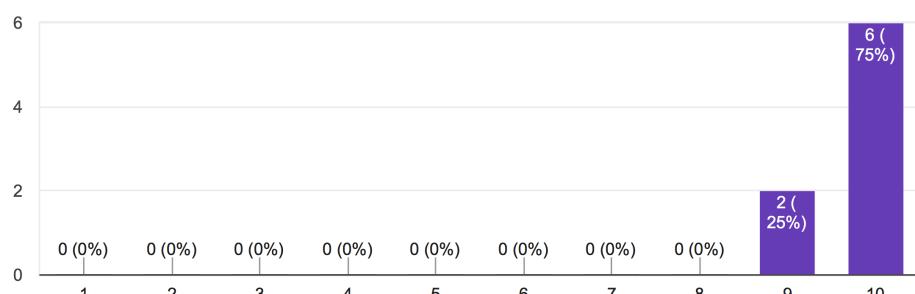
Fråga 3: Att använda VR var:



Figur 5.31 Elevernas svar på fråga 3. 1 = mycket svårt, 5 = mycket lätt.

På fråga 3 fick eleverna svara på hur pass lätt de tyckte det var att använda VR (se figur 5.31). Fem stycken svarade att de tyckte det var enkelt att använda VR. Tre stycken upplevde det som relativt svårt.

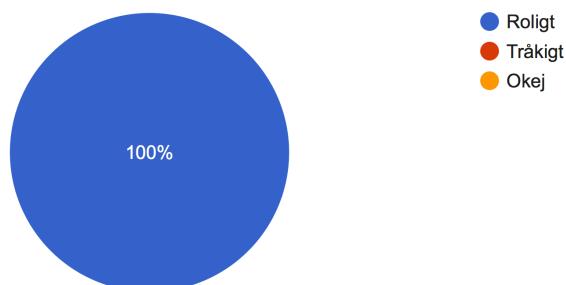
Fråga 4: Hur var det att lära matematik i VR jämfört med matteboken?



Figur 5.32 Elevernas svar på frågan om hur det var att lära matematik i VR.

På frågan hur det var att lära matematik i VR jämfört med matteboken svarade 75 procent en 10:a och 25 procent svarade en 9:a. En 1:a innebar "mycket tråkigt" och en 10:a innebar "mycket roligt".

Fråga 5: Hur var det i Matteskogen?



Figur 5.33 Elevernas svar på hur de tyckte det var i Matteskogen.

Samtliga elever upplevde Matteskogen som rolig.

Fråga 6: Vad var det bästa med att lära matematik i VR?

Eleverna gav följande svar:

- Det var mycket lättare att göra det med VR. Och det var mycket roligare!!!!!!
- Att det fanns andra saker än bara tal och tecken. Det var också ett bättre sätt att lära sig på.
- Att skjuta bollar på räven Rita
- att man inte behöver att skriva med en penna
- roligt
- mycket roligare än i skolan!!
- att vara i VR :)
- ingen mattebok :P

Fråga 7: Vad var det sämsta med att lära matematik i VR?

Eleverna gav följande svar:

- ingenting..... Allting var bra!!!
- Inget var dåligt i mitt perspektiv kanske att räven sa hur många man hade skjutit ner, det kanske hade varit bättre att skriva bråket så hade man lärt sig det också. Men annars var det jättebra!
- Att skjuta bollar på bollarna i luften med airzookan
- inget
- svårt att kasta ibland
- kom inte på något
- trycka på knapparna var svårt i början
- lite svårt i början hur man styr

Kapitel 6

Diskussion

I detta kapitel diskuteras områdena utveckling i VR, VR som läromedel, metod, svårigheter samt framtida utveckling och arbete.

6.1 Utveckling i VR

Utveckling i VR skiljer sig något från exempelvis utveckling i andra teknikmedium, exempelvis applikationer till smarta telefoner. Främsta skillnaden är hur användaren interagerar med applikationerna. I en smart telefon interagerar användaren med innehållet genom att trycka på skärmen med sina fingrar. I VR interagerar användaren med hjälp av hela kroppen, och för att trycka på en knapp finns flera tillvägagångssätt. Ett sätt är att ”fysiskt” trycka på knappen, vilket innebär att du för hela din hand i den virtuella världen till knappen. Alternativt kan användaren peka på knappen med hjälp av någon sorts laserpekare och sedan trycka på en knapp på VR-kontrollen. I stora drag liknar interaktionen i VR-applikationer mycket mer interaktionen i verkliga livet jämfört med de tekniska medium vi använder mest frekvent i dagens samhälle. Dessa skillnader är viktiga att ha i åtanke vid utveckling av en VR-applikation.

Eftersom VR är ett så pass nytt medium krävs mer hjälpmaterial och övertydlighet än vid utvecklingen av en applikation till en smart telefon som majoriteten av dagens befolkning använder varje dag. Därför gjordes en introduktionssekvens i början av spelet som bekantade användaren med de olika interaktionssättene som senare skulle användas. I denna sekvens krävdes övertydlighet och introduktionssekvensen var tvungen att förbättras under flera av iterationerna. De som hade problem med interaktionen under sin första spelomgång var uteslutande personer som aldrig testat VR tidigare. Samtliga av dessa personer klarade av interaktionen utan problem under sin andra spelomgång. Det tyder på att ovanan att använda VR är ett stort hinder. För att undvika att göra upplevelsen långtråkig

för de som redan kan VR borde ett alternativ ges att skippa introduktioner. Under sluttestet lyckades samtliga försökspersoner klara av att slutföra spelet utan instruktioner utifrån.

Det är att föredra att efterlikna verklighetens interaktionssätt, som exempelvis när användaren ska kasta en sten så greppas stenen genom att stänga handen över stenen och själva kastet sker då användaren släpper greppet om stenen. Att följa denna riktlinje är dock inte genomförbart i alla lägen. I spelet förekom en del "svävande" rutor med information på. För att få bort dessa rutor var användaren tvungen att trycka på en knapp som befann sig i rutan. Dessa rutor existerar inte i verkliga livet och användaren har därför inget givet sätt att interagera med dem som påminner om verkliga livet. Detta problem löstes i spelet genom att låta räven Rita förklara hur användaren skulle göra och sedan låta användaren trycka på knappen. För en person som har testat VR tidigare kommer detta inte vara ett problem då denna typ av menyer och knappar är standard i de flesta VR-applikationer.

Illamående är en bieffekt en del användare upplever i VR. Framförallt uppstår illamåendet då hjärnan förväntar sig en rörelse eller händelse men möts av något annat. Det vanligaste exemplet är vid navigation i den virtuella världen. Då användaren sitter still på en stol men karaktären i spelet rör sig framåt blir hjärnan förvirrad eftersom den är inställt på att kroppen inte rör på sig. Ett annat exempel som Oculus själva nämner på sin hemsida är skapandet av användargränssnitt. Då användargränsnittet tar upp mycket plats och följer användarens rörelser kan obehag eller illamående förekomma. Med dessa exemplen i åtanke utformades Matteskogen så att användaren står still under spelets gång och användargränsnittet placerades på fixerade positioner. Exempelvis placerades banornas uppgift på en sten under räven Rita vilket gav användarna möjligheten att själva vända blicken dit då de ville ta del av informationen.

I teoridelen diskuterades begreppet *uncanny valley*. Ett exempel på detta fenomen är att våra hjärnor reagerar starkt och uppmärksammar en välgjord 3D-modell föreställande en människa med onaturliga ansiktsuttryck. Känslor som kan uppstå är obehag och förvirring. Däremot reagerar inte hjärnan alls lika starkt då den utsätts för en 3D-streckgubbe med onaturliga ansiktsuttryck. Anledningen till detta är att hjärnan vet att streckgubbar inte är riktiga mänskliga och därför är de onaturliga ansiktsuttrycken inget att uppmärksamma. Med denna insyn i åtanke skapades 3D-modellerna i Matteskogen med hjälp av *low poly-grafik*. Det innebär att 3D-modellerna skapas med få polygoner, vilket kräver mindre datorkraft men också leder till att grafiken ser mindre verklighetstrogen ut.

6.2 VR som läromedel

VR som läromedel ger många fördelar men också en del nackdelar jämfört med traditionella läromedel. Den största fördelen som framgick efter detta projekt var att VR kan engagera elever på ett mycket positivt vis i ämnen de tidigare uppfattat som tråkiga. Även de elever som svarade att de tyckte matematik var mindre intressant uppskattade att leka och lära sig i Matteskogen. Samtliga elever svarade att de tyckte det var roligt att befina sig i Matteskogen. 75 procent tyckte att undervisning i VR jämfört med den vanliga matteboken var en 10:a och 25 procent tyckte det var en 9:a, där 10 var ”mycket roligt” och 1 var ”mycket tråkigt”. Det räcker dock inte med att eleverna tycker att det är roligt, de måste lära sig också. Resultaten i detta projekt kan inte bevisa på någon faktisk inlärning eftersom provresultaten före och efter sluttestet var för snarlika. Däremot visar resultatet på att eleverna verkligen uppskattade inlärningssättet, vilket kan hjälpa med ämnen som känns mindre intressanta.

I ett vanligt klassrum finns många distraktionsmoment exempelvis klasskamrater och telefoner, men i VR är eleven avskärmad från den yttre världen och nästan tvingas fokusera på det som händer i VR-världen. Detta är inte enbart en fördel då eleven även hindras från att diskutera i realtid med andra elever det den ser och lär sig. Dessutom eleven allt för mycket utrymme kan även VR-världen i sig vara distraherande från uppgiften. Ett exempel på detta var när en användare i sluttestet spenderade mycket tid på att skjuta på räven Rita istället för att göra själva uppgiften.

En stor fördel med VR är avsaknaden av fysiska konsekvenser. Det möjliggör utlärande av områden som i verkliga livet kan vara farliga eller svåråtkomliga. VR gör det exempelvis möjligt att studera hajar på nära håll vilket kan vara mycket farligt att göra utanför VR-världen. Att skicka en skolklass till månen för att studera dess yta och gravitation är inte genomförbart ur många aspekter, men med hjälp utav VR är det möjligt.

I teoridelen påvisades att en elev presterar bättre då de får mer hjälp och uppmärksamhet av läraren. I Blascovichs undersökning presterade de elever som satt nära läraren bättre än de elever som satt längre ifrån. Detta resultat i kombination med stora klasser leder till att elever inte får den uppmärksamhet och hjälp de behöver från lärare. VR kan dock möjliggöra en konstant dialog mellan elev och lärare. Läraren i form av en avatar kan ge eleven sin fulla uppmärksamhet och hjälpa en elev konstant under en hel lektion.

6.3 Metod

Metoden för att uppnå resultatet visade sig innehålla brister, detta blev extra tydligt då resultatet för själva spelets inverkan på inlärning inte gick att använda. Detta berodde till stor del på att eleverna precis lärt sig procent och bråk i skolan, men också faktumet att ingen kontrollgrupp användes. En kontrollgrupp borde använts där en grupp lär sig procent och bråk med hjälp av traditionella läromedel och en annan grupp lär sig med hjälp av Matteskogen. Förbättringarna för respektive grupp skulle sedan jämförts. En anledning till att ingen kontrollgrupp användes var svårigheten att samla ihop testpersoner i rätt målgrupp. Då endast åtta testpersoner kunde medverka i sluttestet prioriterades att samtliga skulle få testa Matteskogen som läromedel. Uppfattningen fanns att spelets inverkan ändå skulle kunna bevisas utan hjälp av en kontrollgrupp och endast med hjälp av förbättringen mellan de två diagnostiska testen.

6.4 Svårigheter

En del svårigheter stöttes på under utvecklingsfasen, framförallt i samband med VR-relaterade moment då dokumentationen stundtals var begränsad. Skapandet av 3D-modeller var också ett tidskrävande område då endast ytliga kunskaper fanns sedan tidigare. Därför köptes en del 3D-modeller från Unity Asset Store, exempelvis räven Rita. Sammanfattningsvis gick utvecklingsfasen relativt smärtfritt och mer tid lades på den pedagogiska biten och användarupplevelsen.

Resultatet hade blivit mer användbart ifall testresultaten skilde sig mer mellan första och andra diagnostiska testet. Eleverna i testgruppen hade precis studerat procent och bråk i skolan vilket ledde till att de redan kunde svaret på frågorna utan Matteskogens hjälp. Därför borde spelet testats på en grupp elever utan någon tidigare erfarenhet av procent och bråk. Vid tidpunkten då testpersonerna tillfrågades hade de ännu inte lärt sig dessa två begrepp men ett par veckor innan testtillfället började de studera dem i skolan. Ett större antal testpersoner hade varit att föredra. Större urval ger säkrare och starkare resultat, men utmaningen att finna personer i rätt ålder med intresse att ställa upp var svårare än väntat.

De transparenta bollarna framför spelaren på bana två var till för att ge användaren en påminnelse hur många bollar som var kvar och hur många som skjutits ner. En del användare misstolkade dessa bollar och trodde till en början att det var dessa bollar som ämnades skjutas ner. Detta borde gjorts tydligare för att undvika missförstånd.

En av eleverna i sluttestet hade gipsat högerhanden, detta var problematiskt då spelet var anpassat att endast navigeras med högerhanden. Därför blev eleven tvungen att använda högerkontrollen i vänster hand (se figur 6.1). En reflektion angående detta är att spelet borde utvecklats med diverse skador och handikapp i åtanke.



Figur 6.1 En av eleverna hade skadat högerarmen och använde därför vänster hand när han spelade.

6.5 Framtida utveckling och arbete

Det finns flera potentiella användningsområden för VR inom undervisning. VR kan engagera elever även i ämnen de finner mindre intressanta. Vilka ämnen elever finner intressanta är individuellt men att ge möjligheten för en elev att lära dennes minst uppskattade ämne i VR skulle kunna leda till positiva effekter. Elever behöver i regel mycket hjälp och uppmärksamhet för att nå goda skolresultat. En VR-avatar kan förse elever med konstant uppmärksamhet och hjälp då lärarens tid inte räcker till. Dessa två anledningar talar för att VR har en plats i framtidens utbildning.

För att ta reda på hur undervisning i VR mäter sig mot traditionell undervisning skulle en studie behöva genomföras där två grupper jämförs. En grupp får undervisning på traditionellt vis och en grupp från undervisning i VR. Studien

skulle behöva genomföras under en längre tidsperiod och på flera klasser. Dessutom borde elevernas förkunskaper mätas innan studien genomförs för att mäta deras förkunskaper. Efter att en studie genomförts på ovan nämnda vis kan det tydligare fastställas hur pass bra VR är som inlärningsverktyg.

Rita pratar och förklarar uppgifter och koncept för användaren, men för att förbättra upplevelsen och verkligen göra Matteskogen till ett gångbart utbildningsverktyg borde Rita göras mer dynamisk och levande. Detta skulle kunna innebära att användaren kan ställa öppna frågor till Rita som hon kan svara på eller att Rita uppmärksammar ifall eleven har problem med uppgiften och då gör en mer pedagogisk och grundligare genomgång. Dessa förbättringar hade gjort Rita till ett bättre komplement till en riktig lärare eller i kortare perioder ersätta läraren helt och hållt.

Denna uppsats berörde endast en liten del av ämnet matematik. Inlärningseffekten kan vara svår att avgöra för andra ämnen med hjälp av resultatet från denna uppsats. Det är möjligt att resultaten som uppnåddes hade sett annorlunda ut inom andra ämnen. Av denna anledning borde VR som utbildningsverktyg testas på samtliga skolämnen för att avgöra ifall det generellt är ett gångbart utbildningsverktyg. Eleverna i sluttestet fann spelet mycket underhållande, trots att matematik inte var samtidigas favoritämne.

Kapitel 7

Slutsats

Denna uppsats hade som mål att ta reda på om VR är ett gångbart utbildningsverktyg, med inriktning på ämnen elever finner mindre intressanta. Slutsatsen kommer beskrivas genom att svara på följande frågor:

- Hur skiljer sig inlärning i VR från traditionella inlärningssätt?
- Vilka slutsatser kunde dras efter sluttestet?
- Vad kunde gjorts annorlunda för att uppnå ett bättre resultat?
- Är VR ett gångbart utbildningsverktyg i framtiden?

Hur skiljer sig inlärning i VR från traditionella inlärningssätt?

De tydligaste fördelarna med VR är förmågan att fångslा elevens uppmärksamhet, göra mindre intressanta ämnen mer intressanta och ge eleven obegränsat mycket hjälp. För att fånga en elevs uppmärksamhet och intresse kräver en VR applikation hög inlevelse. Omgivningen ska vara inbjudande och trevlig men inte hamna under kategorin “uncanny valley”, vilket innebär att 3D-modellerna är så pass verklighetstrognar att små skillnader från verkligheten orsakar en stor reaktion av obehag i hjärnan. Traditionella inlärningsmedel är ofta utsatta för yttre störningsmoment som mobiltelefoner eller klasskamrater. I VR är eleven avskärmad och tvingas i princip att koncentrera sig på det som händer i VR-världen.

Då eleven inte finner ett ämne intressant medföljer per automatik svårigheter att lära ämnet. I traditionell undervisning kan exempelvis en engagerad och rolig lärare ha som följd att eleven finner ämnet mer intressant. Eftersom inte alla lärare har denna förmåga kan VR vara ett bra komplement att göra ämnen mer

intressanta. Ett bra utformat VR-spel ska kunna skapa ett engagemang hos eleven och en vilja att fortsätta spela och lära sig.

För att uppnå goda resultat kräver en elev mycket hjälp och uppmärksamhet. En lärares tid är begränsad och i för stora klasser räcker tiden inte till för att tillgodose samtliga elevers behov. I VR är den virtuella lärarens tid obegränsad och kan därför hjälpa eleven så länge behov finns.

Vilka slutsatser kunde dras efter sluttestet?

Resultaten från de diagnostiska testen före och efter sluttestet gav inte mycket grund för diskussion eller slutsatser. Eleverna i testgruppen hade gått igenom bråk och procent endast några veckor innan sluttestet. Till följd av detta fick eleverna lika bra poäng före och efter sluttestet, förutom en elev som fick ett mer rätt på det diagnostiska testet efter sluttestet. Några slutsatser angående inlärningseffekten av VR kan därför inte dras. En viktig slutsats som dock kan dras från elevernas frågeformulär var deras positiva inställning till VR som läromedel. Elevernas egna åsikter och reflektioner väger i detta fall minst lika tungt som eventuella resultat på inlärning. Eftersom eleverna ansåg VR ha effekten att engagera och intressera finns också framtidens potential för VR som ett verktyg inom utbildning.

Vad kunde gjorts annorlunda för att uppnå ett bättre resultat?

För att uppnå ett bättre resultat borde testpersonerna givetvis inte ha några tidigare kunskaper inom området. Detta gjorde resultatet av de diagnostiska testen oanväntbart. En annan parameter som hade kunnat förbättra resultatet är antalet testpersoner. Fler testpersoner ger generellt ett starkare resultat. En annorlunda aspekt som också hade varit intressant att undersöka är skillnaden mellan inlärning i VR och traditionell inlärning. Två separata grupper utan tidigare kunskaper hade då behövt lära sig ämnet med hjälp av VR respektive traditionell inlärning. Krav på denna testmetod hade behövt vara att de två grupporna fick lika mycket tid var att lära sig ämnet samt att elevernas förkunskaper testats.

Är VR ett gångbart inlärningsverktyg i framtiden?

För att VR ska kunna konkurrera med traditionell undervisning kommer det krävas dynamiska läraravatarar som kan hjälpa eleverna då de stöter på problem. En framtidsvision är att eleven ska kunna föra en dialog med avataren och kunna få den hjälp som en mänsklig lärare kan ge. Tills tekniken har kommit så långt kan VR ändå användas som ett komplement då läraren inte hinner ge eleverna den uppmärksamhet de behöver. Eleven kan också använda sig av VR för att hitta motivation och intresse för ämnen som eleven tidigare ansett onödiga och tråkiga. Priset på VR-utrustning och hårdvaran som krävs för att driva VR-applikationer måste sjunka drastiskt innan det är ekonomiskt hållbart att integrera VR i undervisningen i större skala. Löses dessa problem ser framtiden för VR inom utbildning ljus ut.

Referenser

- [1] M. Wijnsma, Physically active learning: The effect of physically active math and language lessons on children's academic achievement. Rijksuniversiteit, 2017.
- [2] J. Blascovich och A. C. Beall, "Digital immersive virtual environments and instructional computing", *Educational Psychology Review*, vol. 22, nr. 1, s. 57-69, 2010.
- [3] J. Herrington, T. C. Reeves och R. Oliver, "Immersive learning technologies: Realism and online authentic learning", *Journal of Computing in Higher Education*, vol. 19, nr. 1, s. 80-99, 2007.
- [4] I. Kartiko, M. Kavakli och K. Cheng, "Learning science in a virtual reality application: The impacts of animated-virtual actors' visual complexity", *Computers and Education*, vol. 55, nr. 2, s. 881-891, 2010.
- [5] "The search for the Uncanny Valley". Hämtad 31 november från http://www.psy.gla.ac.uk/~frank/Talk_folder/UncannyValleyAltenberg-web.pdf
- [6] "Variation Theory". Hämtad 2 februari från <https://www.birmingham.ac.uk/research/activity/education/learning-study/varyation-theory/index.aspx.m>
- [7] R. Nemirovsky, C. Tierny och T. Wright, "Body motion and graphing", *Cognition and Instruction*, vol. 16, nr. 2, s. 119-172, 1998.
- [8] D. Norman och S. Draper, *User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction*, L. Erlbaum Associates Inc., 1986.
- [9] D. Norman, *The Psychology of Everyday Things*. MIT Press, s. 188, 1998.
- [10] D. Norman, *The Psychology of Everyday Things*. MIT Press, s. 189-201, 1998.
- [11] J. Preece, Y. Rogers och H. Sharp, *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*, Wiley, 4 uppl., 2015.
- [12] J. Rudd, K. Stern och S. Isensee, "Low-vs-High Fidelity Prototyping Debate", *Interactions*, vol. 3, nr. 1, s. 76-85, 1996.
- [13] J. Dumas och J. Redish, *A practical guide to usability testing*, Ablex Pub. Corp., 1993.

- [14] "Oculus Rift: Step Into the Game". Hämtad 12 oktober från <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game>
- [15] "Facebook's \$2 Billion Acquisition Of Oculous Closes, Now Official". Hämtad 22 januari 2018 från <https://techcrunch.com/2014/07/21/facebook-acquisition-of-oculus-closes-now-official/>
- [16] "Oculus Rift vs. HTC Vive: Prices are lower, bu tour favorite remains the same". Hämtad 26 januari 2018 från <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/oculus-rift-vs-htc-vive/>
- [17] "Oculus Rift bilder". Hämtad 10 oktober 2017 från <http://www.tomshardware.com>
- [18] "HTC Vive price and release date confirmed". Hämtad 15 oktober från <http://www.ign.com/articles/2016/02/21/htc-vive-price-and-release-date-leaked>
- [19] "Oculus Rift vs. HTC Vive: Prices are lower, bu tour favorite remains the same". Hämtad 26 januari 2018 från <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/oculus-rift-vs-htc-vive/>
- [20] "Vive bilder". Hämtad 10 oktober från <https://www.vive.com/eu/>
- [21] "Google's Cardboard turns your Android device into a VR headset". Hämtad 17 januari från <https://www.theverge.com/2014/6/25/5842188/googles-cardboard-turns-your-android-device-into-a-vr-headset>
- [22] "Google Cardboard bild". Hämtad 17 januari från <https://vr.google.com/cardboard/get-cardboard/>
- [23] "Goolge Cardboard". Hämtad 17 januari från <https://vr.google.com/cardboard/>
- [24] "Unity 2017: The world-leading creation engine". Hämtad 26 september från <https://unity3d.com/unity>