

Design Rationale

Timo Werkhoven

CMD Amsterdam

Timo Werkhoven

500851489

22-11-2024

CoderDojo

Inhoud

Voorwoord	3	Definitief Concept	25
Managementsamenvatting	4	Ontwerpen voor VR	26
Aanleiding	5	Asset & Technische keuzes	27
Projectomschrijving	6	Iteratie prototype V1	28
Huidige situatie	9	Testronde V1	30
Concurrentie onderzoek	10	Iteratie prototype V2	31
Waarom VR?	11	Testronde V2	33
Motivatie	13	Narrative	34
Doelgroep onderzoek	14	Iteratie prototype V3	35
Expert interviews	15	Testronde V3	38
Proof of concept	16	Expert Reviews	39
Persona's	17	Iteratie prototype V4	40
Requirements List	18	Testronde V4	42
Customer journey	19	Definitief prototype	43
Proof of concept	20	Product Quality Review	45
Ideation	21	Conclusie	46
Concepten	22	Aanbevelingen	47
Concept Keuze	24	Bronnenlijst	48

Voorwoord

Beste lezer,

Mijn naam is Timo Werkhoven en deze Design Rationale gaat over mijn afstudeerproject voor de opleiding Communication and Multimedia Design.

Voor mijn afstudeerproject heb ik gekozen voor een project dat meer skills van een CMD'er vraagt dan wat ik tot nu toe heb gedaan tijdens mijn opleiding. Dit project bevat een stuk design, maar ook een stuk technische uitwerking. In dit document neem ik je mee in mijn project en verantwoord ik de ontwerpkeuzes die ik heb gemaakt.

Managementsamenvatting

Dit document laat het ontwerpproces zien van een Virtual Reality (VR) game waarin kinderen tussen de 7 en 15 jaar de beginselen van programmeren leren bij de Coderdojo.

Ik heb bij de Coderdojo twee problemen vastgesteld:

1. De introductie tot programmeren met het programma Scratch is verwarrend voor veel kinderen waardoor motivatie snel wordt verloren.
2. De VR brillen hebben nog geen content waardoor je hierop alleen naar YouTube videos kan kijken.

Het doel van dit project is om de instap om te beginnen met programmeren te verlagen. Door middel van een immersieve VR-ervaring wil ik de concepten van Scratch tastbaar maken en de motivatie van kinderen verhogen.

Door onderzoek laat ik zien hoe ik deze problemen oplos met een VR game die kinderen basis programmeerconcepten leert zoals sequentie, variabelen, loops en conditionele statements en waarom VR een toevoeging geeft aan dit concept.

Aan de hand van een proof of concept laat ik zien dat Visual Programming goed te realiseren is in een VR omgeving.

Door verschillende ideation methodes heb ik 4 concepten en 4 minigames bedacht waaruit ik één definitief concept kies op basis van mijn onderzoek, requirements list en een A/B test.

Ik heb dit concept vervolgens uitgewerkt tot een prototype in Unity. Voor het testen heb ik gebruik gemaakt van een combinatie van usability tests en één expert review. De usability tests leverden waardevolle inzichten op over de gebruiksvriendelijkheid en het niveau van de minigames. Experts op het gebied van game design en educatie hebben geholpen om de leerdoelen en de kwaliteit van de game te beoordelen.

Op basis van deze evaluaties heb ik 4 iteraties doorlopen, waarbij ik steeds de belangrijkste verbeterpunten heb verwerkt. Door deze iteratieve aanpak heb ik een definitief prototype gemaakt dat zowel leuk als leerzaam is.

Aanleiding

In Schagen en omstreken is er elke zaterdag een 'Coderdojo' bij de Kopgroep Bibliotheek waar kinderen van 7 tot 17 zich kunnen aanmelden om te leren over techniek en coderen. Vrijwilligers helpen kinderen met het leren van dingen zoals werken met een Arduino, Raspberry Pi of scratch of 3d tekenen voor een 3d printer, programmeren van een simpele robotarm. Ik ben al een lange tijd vrijwilliger bij de Coderdojo.

Tijdens een teamoverleg was een van de agendapunten de nieuw aangeschafte VR brillen en wat hier precies mee gedaan kon worden. De bedoeling van deze brillen was dat de kinderen op een nieuwe, leuke en interactieve manier aan de slag zouden kunnen gaan met programmeren.

Aan de hand van opdrachten leren de kinderen meer over techniek en coderen. Voor het programmeren wordt gebruik gemaakt van de website Scratch.

Scratch is een online community en programmeeromgeving die speciaal is ontworpen voor kinderen en beginners. Het is een visuele programmeertaal waarbij je code maakt door blokken met elkaar te verbinden in plaats van regels tekst te schrijven. Er kunnen objecten in een 'scene' gesleept worden die de gebruiker kan manipuleren met deze programmeerblokken. Op deze manier kunnen er simpele games of animaties worden gemaakt.

Voor de VR brillen is nog geen educatieve software beschikbaar.

Projectomschrijving

Probleemsituatie

De Coderdojo wil graag iets doen met nieuwe technologieën en hebben dus een aantal VR brillen aangeschaft. Het enige wat op dit moment gedaan kan worden met de VR brillen is het kijken van video's op YouTube, maar de Coderdojo wil er graag meer mee.

Daarnaast vinden veel kinderen het gebruikte Scratch verwarrend of snappen ze niet wat de blokjes doen. Kinderen kunnen daarom hun ideeën of opdrachten niet uitwerken waardoor de motivatie zakt en er wordt opgegeven.

Er zijn dus eigenlijk 2 problemen aanwezig die beiden opgelost kunnen worden door een VR applicatie te maken om de kinderen de beginselen van programmeren aan te leren. Zo los ik in feite beide problemen op.

Doelgroep

Vrijwel alle kinderen die zich bij de Coderdojo aanmelden zitten tussen de 7 en 15 jaar. Ze zijn vaak enthousiast, willen graag leren en hebben interesse in techniek of programmeren. Deze groep omvat verschillende vaardigheidsniveaus en leerstijlen.

Mijn doelgroep is dus: Kinderen van 7 tot 15 jaar die enthousiast en gemotiveerd zijn om te leren en een interesse hebben in techniek of programmeren.

Projectomschrijving

Design Challenge

Hoe kan ik een digitale Virtual Reality beleving ontwerpen die kinderen van 7 tot 15 jaar helpt met het leren van basis programmeerconcepten?

Projectomschrijving

Stakeholders

Om een helder beeld te krijgen van mijn stakeholders heb ik onderzoek gedaan naar hun belangen en pijnpunten. Voor mijn volledige omschrijving en stakeholder map verwijst ik naar mijn [productbiografie > fase 0 - opzet > design brief > stakeholders](#)

Kinderen

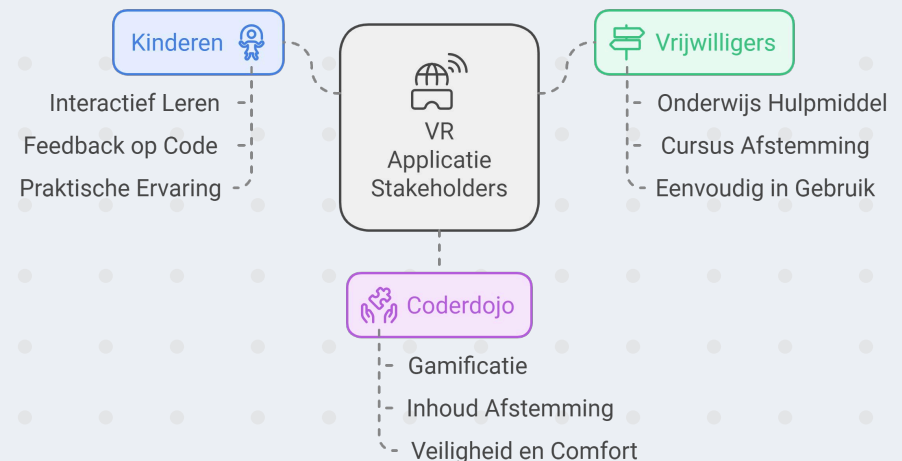
Voor de kinderen moet er een leuke interactieve VR ervaring komen die aansluit op hun leerniveau. Kinderen willen graag directe feedback op hun code met een vrijheid om zelf te experimenteren en hands-on ervaring op te doen.

Vrijwilligers

De vrijwilligers willen graag een hulpmiddel dat zij kunnen gebruiken om de kinderen programmeerconcepten te leren. Het moet eenvoudig te begeleiden zijn zodat vrijwilligers zonder veel VR-kennis de kinderen kunnen helpen.

Coderdojo

Voor de Coderdojo moet er een VR applicatie komen die programmeerconcepten uitlegt. Deze VR applicatie moet bij de doelgroep passen en verschillende niveaus kunnen aanspreken. Ook moet de applicatie rekening houden met de veiligheid en het comfort van de kinderen aangezien er bij lange VR sessies risico's op motion sickness of oogvermoeidheid komen.



Huidige Situatie

Kinderen komen naar de Coderdojo met de intentie om meer te leren over programmeren. Vervolgens worden ze door een begeleider/vrijwilliger op Scratch gewezen.

Wat nu vaak gebeurt is dat het kind met veel motivatie aan Scratch begint en ontdekt dat het niet zo makkelijk is als het lijkt. Het kind krijgt dan niet gedaan wat het wil en daardoor zakt de motivatie. Het kind gaat vervolgens iets anders doen waar het wel al bekend mee is en zo wordt er niks nieuws geleerd.

Sommige kinderen krijgen vanuit de vrijwilliger een opdracht op papier waarin een bepaalde 'challenge' stap voor stap wordt gemaakt. Dit lukt beter, maar het kind doet geen kennis op over de betekenis van de blokjes, waardoor het maken van aanpassingen niet lukt.

De VR brillen worden nu vooral gebruikt voor het bekijken van YouTube video's.

De kinderen vinden dit wel leuk, maar vragen regelmatig of ze ook iets anders kunnen doen op de VR bril.

Concurrentie onderzoek

Benchmark Creation

Om te onderzoeken wat er al op de markt is heb ik een benchmark creation gedaan. Voor de volledige uitwerking verwijs ik naar mijn [productbiografie > fase 1 - verkennen > concurrentie onderzoek > benchmark creation](#)

De producten die ik heb onderzocht zijn:

- Code.org
- Scratch
- Crunchzilla
- Blockly.games
- Code Combat
- Code for Life
- Pixelpad.io

Met deze benchmark creation heb ik gekeken naar de formaten / onderwerpen en welke programmeer concepten ik wil behandelen in mijn concept: **sequentiële instructies, variabelen, loops, conditionele statements en eventueel functies**

Voor dit onderzoek verwijs ik naar mijn [productbiografie > fase 1 - verkennen > literature study > wat voor trainingen zijn er al](#)

Comparison Chart

De belangrijkste punten heb ik op een rij gezet in een comparison chart ([productbiografie > fase 1 - verkennen > concurrentie onderzoek > comparison chart](#)).

De belangrijkste conclusies zijn:

- Platforms voor jongere leeftijden gebruiken vaak Visual Programming.
- Veel platforms gebruiken methodes zoals games of puzzels.

Platform	Age Range	Programming Style	Learning Approach	Unique Features
Code.org	12 - 17	Visueel met blokken Code zelf schrijven	Gestructureerde lessen met verschillende levels	- Lessen verdeeld in verkenning, vaardigheidsontwikkeling, oefening, beoordeling en uitdagingen - Directe feedback op oplossingen
Scratch	6-17	Visueel met blokken	Zelf ontdekken met tutorials Gebaseerd op projecten	- Platform voor het delen en bekijken van projecten - Leren door te doen benadering - Tutorials beschikbaar maar niet verplicht
Crunchzilla	9 - 14	Code zelf schrijven	Begeleid aan de hand van een conversatie met een companion	- 'Companion' die leerlingen begeleidt - Eenvoudige interface met code en resultaat
Blockly.games	Onder de 12	Visueel met blokken	Gestructureerd pad door programmeerconcepten	- Puzzelachtige aanpak van leren - Richt zich op specifieke concepten
Code Combat	5-8 en 8+	Visueel met blokken Code zelf schrijven	Aan de hand van een RPG stijl game.	- Leren door voortgang in het spel - Geleidelijke introductie van programmeerconcepten
Code for Life	8-10, 5-7, 11-13, 14-16	Visueel met blokken	Problemen oplossen in verschillende scenario's	- Autonavigatiepuzzels - Meerdere oplossingen mogelijk voor elk niveau - Weergave van gegenereerde code
Pixelpad.io	13 +	Code zelf schrijven	Zelf ontdekken met tutorials	- Videotutorials - Focus op het maken van games - Mogelijkheid om games te publiceren en te spelen

Waarom VR?

De vraag rijst: 'Wat voegt Virtual Reality toe aan dit project?'

Virtual Reality heeft verschillende aangetoonde voordelen voor het leerproces, met name op het gebied van motivatie, betrokkenheid en informatieretentie.

Studies tonen aan dat VR de leerervaring van studenten verbetert door motivatie, geluk en actieve deelname te verhogen.

VR bevordert de opname van complexe kennis, ontwikkelt cognitieve vaardigheden en vergroot het leerplezier, zoals aangetoond door Parong en Mayer (2018) en Pellas et al. (2021).

Bovendien verbetert VR het vermogen om informatie te onthouden, zoals blijkt uit een studie van Chowdhury et al. (2019), waarin deelnemers met een VR-headset beter presteerden in informatieherinnering dan degenen die een desktopdisplay gebruikten.

Ook in programmeeronderwijs biedt VR veel voordelen. Studies zoals die van Kao & Ruan (2022) en Segura et al. (2019) concluderen dat VR een logische denkwijze stimuleert en programmeerconcepten toegankelijker maakt voor jonge leerlingen.

Dit wordt mede verklaard door twee theoretische modellen: de CAMIL en het VAK-model, die wijzen op het belang van immersie, presence, agency en ervaringen die meerdere zintuigen stimuleren.

Ten slotte biedt VR een platform aan voor andere strategieën zoals gamification, competitie en pair programming, die motivatie en immersie verder verhogen.

Hierdoor is VR ook een ideale omgeving om andere leermethodes effectief toe te passen.

Voor mijn volledige onderzoek, zie [productbiografie > fase 1 - verkennen > literature study > wat voor impact heeft vr op educatie.](#)

Waarom VR?

Naast alle voordelen die naar voren komen uit studies is VR al een technologie met toepassingen.

Bedrijven zoals KLM hebben oplossingen waarin piloten en ander personeel wordt opgeleid door VR simulaties.

Het bedrijf HaptX is bezig met het inzetten van VR trainingen voor spoorwegpersoneel. Samen met BNSF willen ze spoorwegingenieurs voorzien van een immersief stap-voor-stap trainingsplatform om de veiligheid te verbeteren.

OssoVr en Psylaris zijn bedrijven die immersieve trainingen gebruiken voor de medische industrie.

Het NASA JSC Virtual Reality Lab (VRL) is een trainingsfaciliteit voor Extravehicular Activity (EVA), waarbij astronauten in ruimtepakken buiten hun ruimteschip werken.

Hieruit kan ik concluderen dat ik niet de enige ben die gelooft in de meerwaarde van VR.

Voor mijn volledige onderzoek naar bestaande VR oplossingen, zie [productbiografie > fase 1 - verkennen > vr oplossingen](#).

Motivatie

Ik heb verschillende methodes bekeken die helpen met motivatie. Dit volledige onderzoek is te vinden in [productbiografie > fase 1 - verkennen > literature study > hoe houd je kinderen gemotiveerd](#) en in [productbiografie > fase 1 - verkennen > literature study > hoe leren kinderen het beste](#).

De belangrijkste methodes zijn:

Power of Narrative

Door een narrative(verhaal) toe te voegen, kunnen spelers een gevoel van doelgerichtheid, motivatie en immersion ervaren, wat resulteert in een verhoogde betrokkenheid.

Progression

Door progression toe te passen kan ik de kinderen een doel geven waar ze naartoe moeten werken. Op deze manier kan ik zorgen voor meer motivatie.

Puzzel games

Door puzzel games te gebruiken in mijn concept kan ik de Computational Thinking skills van de leerlingen verbeteren.

Competition

Competition biedt de motivatie om inspanning te leveren wat zal resulteren in meer motivatie en beter prestatie.

Pair Programming & Collaborative learning

Pair Programming verbetert technische productiviteit, code- en ontwerpqualiteit en werkplezier, terwijl het tegelijkertijd fouten vermindert.

Gamification

Gamification verbetert motivatie, prestaties en leerresultaten aanzienlijk door uitdagende, motiverende en stress verminderende elementen toe te voegen die zelfvertrouwen verhogen en probleemoplossend vermogen ontwikkelen.

Doelgroep onderzoek

Interviews

Om dieper in te gaan op de situatie van mijn doelgroep heb ik een aantal interviews afgenomen. Voor de volledige interviews, zie [productbiografie > fase 1 - verkennen > doelgroep onderzoek > interviews](#). De belangrijkste inzichten uit de interviews zijn:

- VR geeft een sterk gevoel van aanwezigheid en betrokkenheid.
- VR stimuleert meerdere zintuigen, wat het leren effectiever maakt.
- VR wordt al gebruikt in sommige scholen en heeft tot nu toe positieve effecten op de leerlingen
- Als kinderen vastlopen is het laten zien van de voorkennis die ze wel al hebben een goede motivator.
- Het tonen van een volledig leerpad kan motiverend werken.
- Samenwerken kan motiverend werken.
- Er moet goed nagedacht worden over competitie aangezien dit ook demotiverend kan werken.
- Kinderen kunnen lastig voorspellen wat de gevolgen zijn van hun coderegel.
- Les geven in programmeren gaat met stapsgewijze introductie: functie uitleggen, voorbeeld creëren, parameteriseren.

Expert Interviews

Ik heb een aantal expert interviews uitgevoerd om meer informatie te krijgen over het motiveren van leerlingen, hoe er nu les wordt gegeven met VR en VR games. Voor de volledige interviews, zie [productbiografie > fase 2 - definiëren > expert interviews](#).

De belangrijkste inzichten zijn:

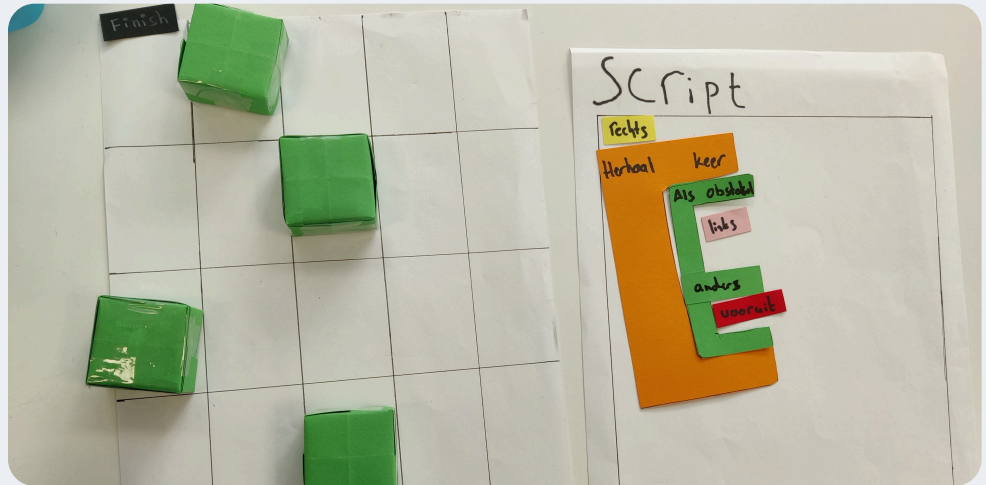
- Stimuleer een groei-mindset en gebruik positieve motivatietechnieken
- Creëer een veilige omgeving waar fouten maken onderdeel is van het leerproces
- Introduceer programmeerconcepten geleidelijk met praktische, herkenbare voorbeelden
- Zorg voor progressieve moeilijkheidsgraad in programmeeruitdagingen
- Minimaliseer bewegingsgerelateerde misselijkheid door slimme locomotie-opties
- Implementeer duidelijke hints en geleiding in puzzels om frustratie te voorkomen
- Creëer een immersieve ervaring die aansluit bij de bewegingen van kinderen

Proof of Concept

Ik heb een proof of concept gemaakt om te testen of het programmeren met blokjes duidelijk is voor kinderen.

Voor de volledige test, zie [productbiografie > fase 2 - definiëren > proof of concept](#)

Uit deze test concludeer ik dat programmeren met blokjes werkt, maar alleen als de tekst op het blokje duidelijk aangeeft welke actie of functie het blokje uitvoert.



Persona's

Om een duidelijke representatie te geven van mijn doelgroep heb ik persona's gemaakt.

De persona's geven weer wat het profiel, de behoeftes, de doelen en de pijnpunten zijn van mijn doelgroep. Deze persona's zijn gebaseerd op mijn onderzoek en mijn afgenomen interviews.

De conclusie die ik hieruit trek is dat ik een structuur of volgorde moet maken in mijn concept, maar hier ook vanaf geweken moet kunnen worden.

Voor meer informatie over mijn persona's, zie [productbiografie > fase 2 - definiëren > persona's](#)



Emma de Vries
10

Profiel

Emma is nieuw in programmeren, maar is altijd al gefascineerd geweest door technologie. Ze is enthousiast om te beginnen met leren bij Coderdojo, maar voelt zich een beetje geïntimideerd door alle apparatuur en de meer ervaren kinderen.

Behoeftes

- Simpele, stapsgewijze instructies voor basis programmeringsconcepten
- Een ondersteunende, niet-oordelende leeromgeving
- Kansen om onmiddellijke resultaten te zien van haar code

Pijnpunten

- Overweldigd voelen door technische taal en complexe concepten
- Moeilijkheid om te visualiseren hoe code zich vertaalt naar echte toepassingen

Doelen

- Overweldigd voelen door technische taal en complexe concepten
- Moeilijkheid om te visualiseren hoe code zich vertaalt naar echte toepassingen

"VR kan me helpen om te zien dat programmeren geen magie is, maar iets dat ik ook kan leren."



Vincent Bakker
13

Profiel

Vincent wil graag meer ervaring opdoen in het programmeren. Hij weet al iets van het programmeren door het gebruik van Scratch maar vindt dat tot nu toe nog onduidelijk. Hij wil graag leren door hands-on ervaring zoals in Scratch omdat het leuker is om zelf iets te proberen dan een simpele les te volgen.

Behoeftes

- Praktische, hands-on ervaring met coderen
- Vrijheid om zelf te experimenteren en oplossingen te vinden
- Duidelijke, goed gelabelde codeblokken of functies
- Mogelijkheid om samen te werken en code te delen met andere

Pijnpunten

- Moeite met het kiezen van de juiste codeblokken of functies voor specifieke taken
- Frustratie bij het debuggen van code, vooral bij meer complexe talen
- Soms overweldigd door de hoeveelheid informatie en mogelijkheden
- Moeite met het onthouden van specifieke codefuncties of -syntaxis

Doelen

- Verbeteren van codevaardigheden
- Bouwen van eigen projecten (games, websites, hardware)
- Praktische vaardigheden ontwikkelen die in de toekomst van pas kunnen komen
- Creatieve ideeën omzetten in werkende code

"Het is veel leuker en leerzamer als je zelf uitvogelt hoe je iets moet coderen."



Requirements List

Om ervoor te zorgen dat mijn ontwerp uiteindelijk aan alle eisen voldoet heb ik een Requirements List gemaakt. Ik heb hier de MoSCoW-methode op toegepast om tot prioriteiten te komen. **Must** have's, **Should** have's, **Could** have's en **Won't** have's. De belangrijkste eisen zijn:

Gebruikers-eisen

- De gebruiker wil op een leuke en interactieve manier leren.
- Directe feedback op acties.
- Praktische, hands-on ervaring waarin zelfstandig gewerkt kan worden
- Simpele, stapsgewijze instructies als basis maar wel met uitdaging.

Product-eisen

- Gebruiksvriendelijk voor kinderen zonder technische kennis of VR kennis
- Moet kinderen gemotiveerd houden om te blijven leren met de app.
- Maakt gebruik van progressive difficulty om zo nieuwe concepten langzaam te introduceren

Stakeholder-eisen

- Compatibel met de VR-brillen die CoderDojo gebruikt met een stabiele framerate om om motion sickness te voorkomen.
- Makkelijk te begeleiden zijn voor de vrijwilligers zodat deze hulp kunnen aanbieden wanneer dat nodig is.
- Moet programmeren aanleren.

Voor de volledige Requirements List, zie [productbiografie > fase 2 - definiëren > requirements list](#)

Customer Journey

Om de reis te schetsen van een kind in de huidige probleemsituatie heb ik met de inzichten vanuit mijn onderzoek een Customer Journey gemaakt. Ook heb ik een Customer Journey gemaakt van de reis van het kind met mijn concept.

De conclusie die ik kan trekken uit deze Customer Journeys is dat de pijnpunten bij de kinderen vooral liggen bij de introductie van Scratch en het verliezen van hun motivatie.

Voor de volledige Customer Journeys, zie [productbiografie > fase 2 - definiëren > customer journey](#)

PERSONA  Emma de Vries Geen programmeer ervaring Wil graag leren aan de hand van gestructureerde lessen. Mogelijke situatie zonder VR app				
Fase	Hulp vragen	Introductie Scratch	Eerste poging	Begrip en Motivatie
ACTIES	- Kind zoekt een beschikbare vrijwilliger - Kind formuleert zijn vraag of probleem	- Vrijwilliger legt Scratch-interface uit - Kind krijgt een korte demo van basisfuncties	- Experimenteert met Scratch-blokken - Probeert een eenvoudig programma te maken	- Herhaaldelijk proberen en falen - Zoekt opnieuw hulp bij vrijwilliger
MINDSET	- Nieuwsgierig naar programmeren - Onzeker over eigen kennis	- Open voor nieuwe tools - Overweldigd door mogelijkheden	- Bereid om te experimenteren - Zoekend naar snelle resultaten	- Twijfelt aan eigen capaciteiten - Overweegt op te geven
EMOTIE	 Nieuwsgierig  Gemotiveerd	 Nieuwsgierig  Verward	 Verward  Gefrustreerd	 Gefrustreerd  Teleurgesteld
PROBLEEM	- Angst om dom over te komen - Wachtijd als vrijwilligers bezet zijn	- Veel nieuwe informatie in korte tijd - Moeite met visualiseren hoe Scratch werkt	- Moeite met begrijpen van blokrelaties - Onzekerheid over juiste aanpak	- Gebrek aan zichtbare vooruitgang - Vergelijking met sneller lerende kinderen

PERSONA



Emma de Vries

Geen programmeer ervaring

Wil graag leren aan de hand van gestructureerde lessen.

Mogelijke situatie met VR app

Fase	Hulp vragen	VR Introductie	Scratch Toepassing	Begrip en Zelfstandigheid	Zelfstandig Werken
ACTIES	- Kind zoekt een beschikbare vrijwilliger - Kind formuleert zijn vraag of probleem	- Zet VR-bril op en past deze aan - Volgt tutorial in VR-omgeving	- Past geleerde VR-concepten toe in Scratch - Experimenteert met Scratch-blokken	- Bouwt zelfstandig kleine programma's - Zoekt gericht naar specifieke functionaliteiten	- Werkt aan eigen projecten - Helpt andere kinderen met basisconcepten
MINDSET	- Nieuwsgierig naar programmeren - Onzeker over eigen kennis	- Gericht op ontdekken en ervaren - Bereid om te leren door te doen	- Zelfverzekerd door VR-voorbereiding - Gemotiveerd om theorie in praktijk te brengen	- Probleemoplossend denken - Creatief in toepassing van concepten	- Zelfstandig en ondernemend - Gericht op verbetering en innovatie
EMOTIE	 Nieuwsgierig  Gemotiveerd	 Verbaasd  Gemotiveerd	 Trots  Gemotiveerd	 Trots  Gemotiveerd	 Trots  Enthousiast
PROBLEEM	- Angst om dom over te komen - Wachtijd als vrijwilligers bezet zijn	- Mogelijke initiële desoriëntatie in VR - Technische problemen met apparatuur	- Aanpassing aan 2D na 3D-ervaring - Mogelijke frustratie bij complexere taken	- Behoeft aan meer uitdaging - Soms moeite met debuggen	- Zoeken naar meer geavanceerde resources - Balanceren tussen hulp vragen en zelf oplossen

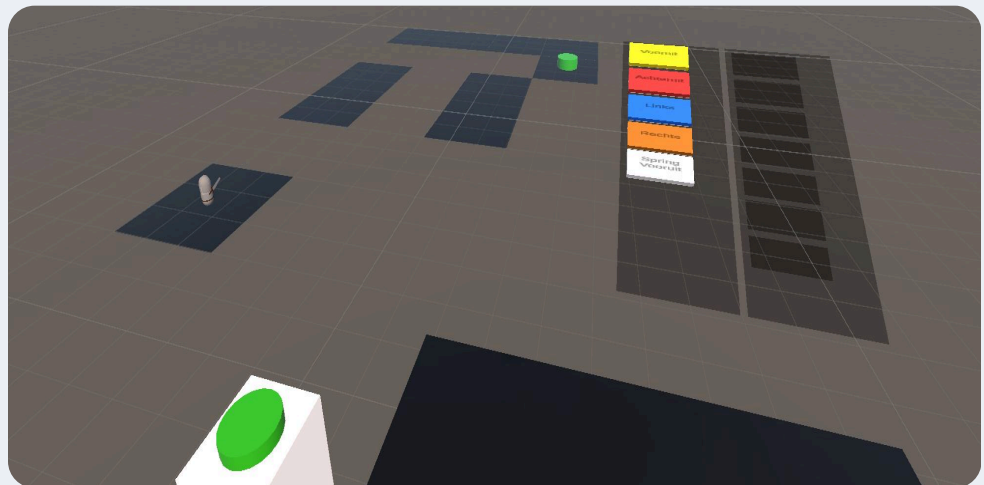
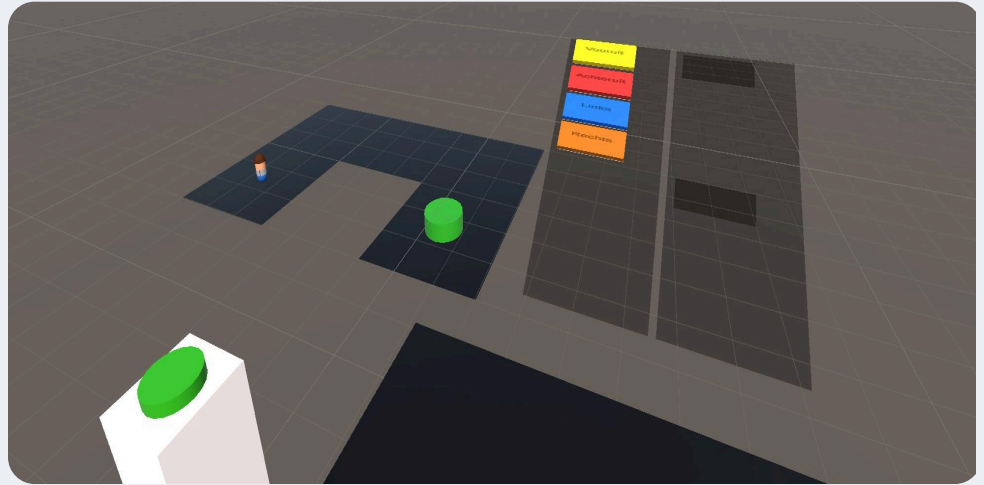
Proof of Concept

Om het programmeren met behulp van blokjes in VR te testen heb ik een proof of concept gemaakt.

Voor de volledige test, zie [productbiografie > fase 3 - ideegeneratie & conceptontwikkeling > proof of concept](#).

De conclusies hieruit zijn:

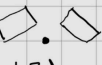
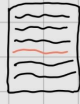
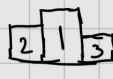
- Programmeren met blokjes werd snel begrepen.
- Woorden op blokjes waren nog niet programmeer-specifiek genoeg.
- Bij het blokje 'rechts' wordt ook verwacht dat het karakter die kant op draait.
- Kinderen verwachten dat het op de knop drukken direct het script activeert, terwijl er nog een extra stap was.



Ideation

Ik heb een aantal Ideation methodes uitgevoerd om nieuwe ideeën te genereren en ontwikkelen. Aan de hand hiervan heb ik mijn eerste concepten uitgewerkt. Voor de volledige Ideations methodes, zie [productbiografie > fase 3 - ideegeneratie & conceptontwikkeling > ideation](#).

Morfologische Kaart

Leermethode	 Mini games	 Verbaal	 tutorial	 Sandbox
Perspectief	 F.P.V.	 3rd Person	 top down	 Isometric
Game type	 Maze	 Escape room	 obstacle course	 Debugging
Motivatie	 Competition	 Progression	 Pair Programming	 Reward System
Locomotion	 Teleportation	 Smooth Locomotion	 Physical locomotion	 Dash

Gemini Live

Gemini heeft mij vooral geholpen met het brainstormen bij de volgende onderdelen:

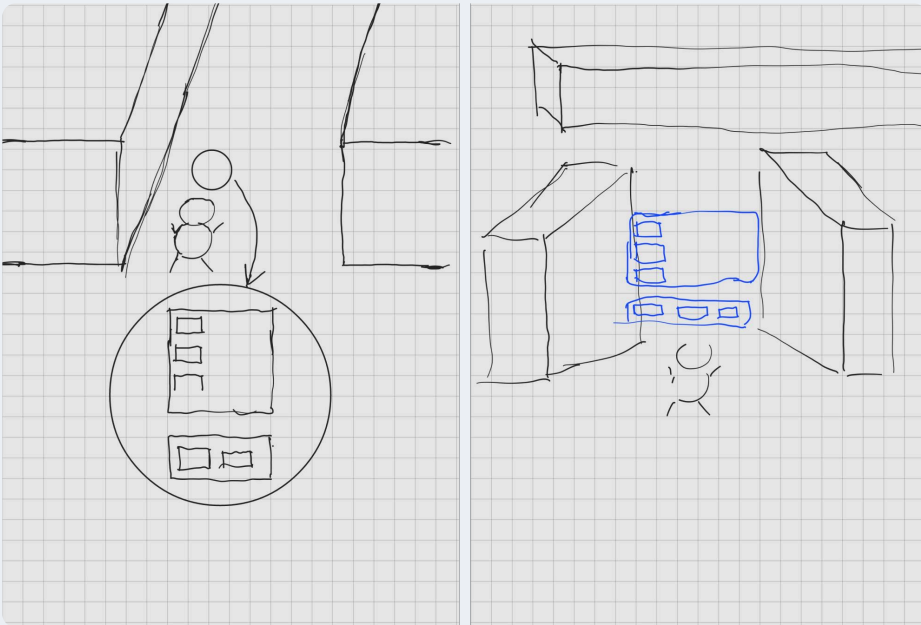
1. Maze concept
 - 1st person en 3rd person view
 - Motion sickness
2. Obstacle course concept
 - Een meer gestructureerde versie van de Maze
 - Verschillende programmeer concepten zoals loops of conditionals
3. Coding puzzels
 - Panel Light
 - Rhythm Game
 - Debugging Challenges
 - Pattern Recognition

Voor mijn volledige brainstorming met Gemini, zie [productbiografie > fase 3 - ideegeneratie & conceptontwikkeling > google gemini live](#).

Concepten

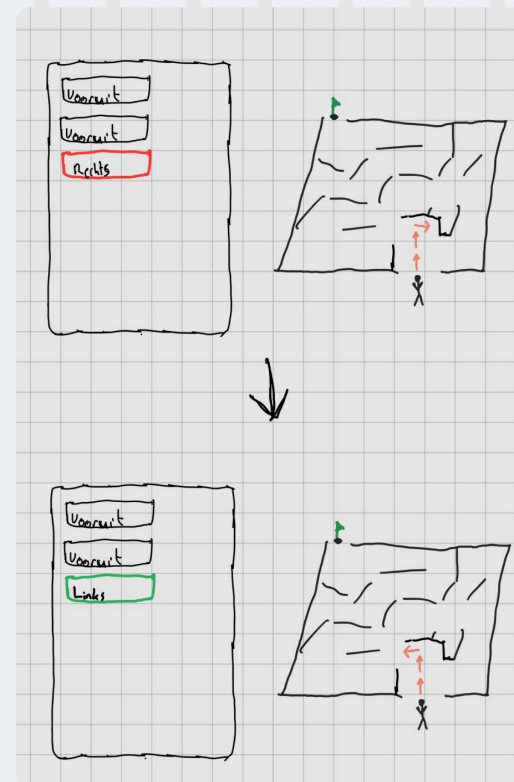
Concept 1 - Maze

Dit concept maakt gebruik van een doolhof waar de speler doorheen moet navigeren door het oplossen van puzzels op basis van code blokken. Hoe verder de speler in het doolhof komt des te moeilijker worden de puzzels.



Concept 2 - Debugging

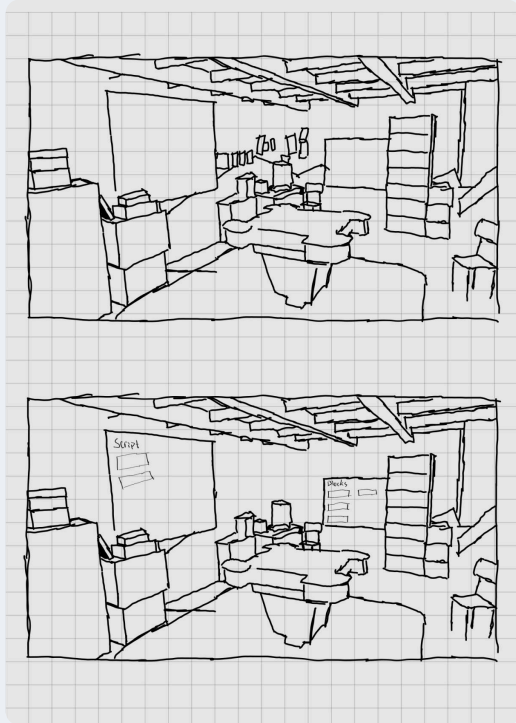
Dit debugging concept focust op het oplossen van problemen in een bestaand stukje code. Leerlingen gaven tijdens interviews aan dat ze ook moeite hadden met het interpreteren van foutmeldingen en het uitzoeken waar de fout zit als het stukje code iets anders doet dan ze verwachten. Dit concept speelt daar op in.



Concepten

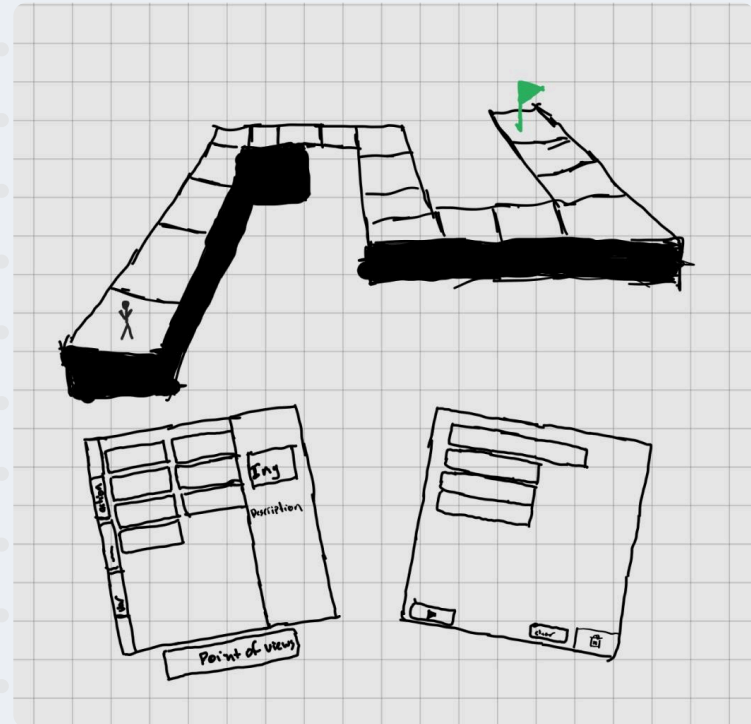
Concept 3 - Escape room

Dit concept is gebaseerd op een Escape Room, waar de leerling moet ontsnappen uit de kamer aan de hand van programmeerpuzzels. Door deze puzzels op te lossen leert de leerling meer over programmeren.



Concept 4 - Obstacle course

In dit concept moet de leerling een karakter door een obstacle course heen helpen, waarbij onderweg situaties voorkomen waarin de leerling bepaalde programmeerconcepten moet gebruiken om het level te halen.



Concept Keuze

Requirements op Concepten

Ik heb mijn concepten met elkaar vergeleken aan de hand van mijn requirements list en hieruit de keuze gemaakt om concept 1 en concept 2 af te laten vallen.

Voor de requirements op de concepten, zie [productbiografie > fase 3 - ideegeneratie & conceptontwikkeling > requirements op concepten](#).

Alles over mijn concepten kan teruggevonden worden in [productbiografie > fase 3 - ideegeneratie & conceptontwikkeling > concepten](#).

A/B Testing

Om te kijken of concept 3 of 4 beter was heb ik een A/B test uitgevoerd.

Bij deze A/B test heb ik gehoord en gezien dat de Escape Room een beter concept is omdat dit een hoger niveau van immersion, presence en agency geeft en omdat het als leuker werd ervaren door de doelgroep.

Voor de volledige A/B test, zie [productbiografie > fase 4 - definitief concept > A/B testing](#).

Uiteindelijke conceptkeuze

Om mijn conceptkeuze te valideren heb ik al mijn concepten bekeken vanuit de onderwerpen uit mijn literatuur onderzoek: immersion & interactie, verschillende levels / puzzels, presence & agency, narrative, progression, pair programming, design principles en locomotion.

Aan de hand van de uitkomst van mijn A/B test en dit onderzoek heb ik een definitief concept gekozen.

Voor het volledige proces van de keuze, zie [productbiografie > fase 4 - definitief concept > definitief-concept](#).

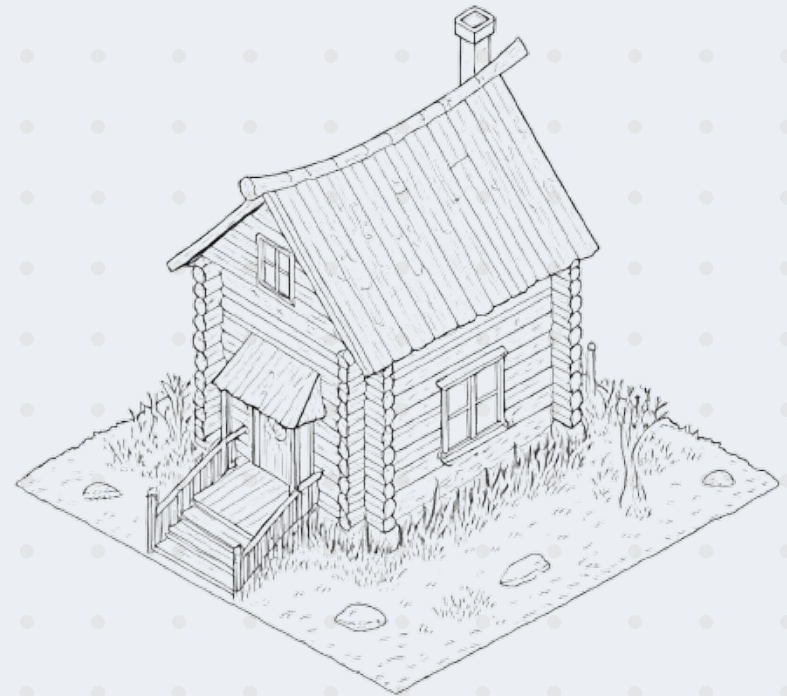
Definitief Concept

Escape room

Dit concept speelt zich af in een huis waar de leerling uit moet 'ontsnappen' door het oplossen van puzzels in de vorm van minigames. Deze minigames bevinden zich in het huis en de kinderen zullen hier op zoek naar moeten gaan. Het spel speelt zich af in een first-person perspectief, waardoor het kind het gevoel heeft echt in de ruimte aanwezig te zijn en volledige controle over zijn acties te hebben. Door de hoge mate van 'presence' en 'agency' wordt de motivatie en betrokkenheid van de kinderen vergroot.

Een narrative zal de context vormen voor waarom het kind in de escape room vast zit en moet ontsnappen. De VR-ervaring voldoet aan belangrijke ontwerpprincipes zoals sound, affordance, physiological comfort en environmental comfort.

Kinderen kunnen fysiek door de ruimte bewegen of gebruik maken van teleportatiepunten, wat de interactiviteit en betrokkenheid verder verhoogt.



Ontwerpen voor VR

Design Principles Research

Om erachter te komen welke design principles belangrijk zijn in VR heb ik onderzoek gedaan. De belangrijkste design principles zijn:

- Physiological Comfort
- Environmental Comfort
- Sound
- Affordances
- Ergonomics
- Confirmations
- Guide users along the way
- Buttons & Fitts's law

Voor mijn volledige onderzoek en uitleg over wat deze principes inhouden, zie [productbiografie > fase 1 - verkennen > literature study > hoe ontwerp je voor virtual reality](#)

Visuele stijl

Om erachter te komen welke visuele stijl het beste zou passen bij mijn concept heb ik onderzoek gecombineerd met een moodboard. Ik heb er voor gekozen om gebruik te maken van Low-poly & Stylized graphics omdat deze licht en geoptimaliseerd zijn voor de Quest 2 en vaak jongere spelers meer aanspreken.

Voor dit onderzoek en uitleg over deze keuze, zie [productbiografie > fase 3 - ideegeneratie & conceptontwikkeling > ideation > moodboard](#)



Asset & Technische keuzes

Asset keuzes

Ik ben op zoek gegaan naar assets in de Unity Asset Store, een website die integreert met Unity waarop je assets kan vinden voor in een Unity project.

Ik heb gefilterd op de low poly / stylized assets die gratis beschikbaar zijn om zo te matchen met de visuele stijl die ik heb uitgekozen.

Als ik keuze had uit verschillende assets keek ik vooral naar hoe modulaire de asset was opgezet en of er eventueel animaties bij kwamen.

De asset van de kat heb ik bijvoorbeeld uitgekozen omdat deze ook een loop animatie had waardoor de asset meer 'echt' lijkt.

De asset van de trein heb ik uitgekozen omdat deze modulaire was. Bij de klok wilde ik ook de individuele wijzers kunnen bewegen dus heb ik een modulaire asset gezocht.

Voor meer informatie over mijn asset keuze, zie [productbiografie > fase 4 - definitief concept > asset keuze](#)

Technische keuze

Voor de technische realisatie had ik keuze uit Unity of Unreal Engine.

Unity is een game engine voor 2D, 3D of VR games en legt de focus op ease of use door het gebruik van C# en het ondersteunen van bijna elk development platform.

Unreal Engine is een game engine die meer focus legt op efficiëntie & schaalbaarheid en gebruik maakt van de C++ taal.

Ik heb ervoor gekozen om Unity te gebruiken omdat ik al bekend ben met deze game engine. Het VR aspect van Unity is voor mij wel nieuw.

Iteratie Prototype

Prototype V1

De eerste versie van mijn prototype bestaat uit de spelwereld en 2 puzzels. Voor een overzicht van dit prototype, zie [productbiografie > fase 4 - definitief concept > prototype V1 > prototype](#)

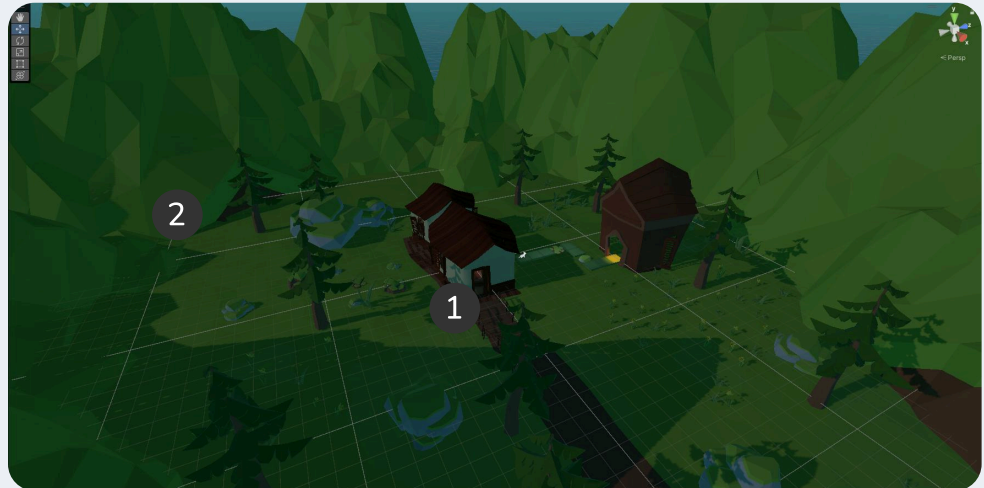
De spelwereld bestaat uit het huis ① waar de escape room in plaatsvindt en de omgeving eromheen ②.

De eerste minigame is een puzzel rondom een kat.

Je ziet de programmeerblokken waar het kind uit kan kiezen ③ en de plek waar de blokjes naartoe moeten om een script op te bouwen ④. Er kan op een grote knop gedrukt worden om het script uit te voeren. ⑤

De bedoeling is om de kat ⑥ naar de schuur te begeleiden. ⑦

Voor de uitleg over deze puzzel, zie [productbiografie > fase 3 - ideegeneratie & conceptontwikkeling minigames > obstakel minigame](#)



Iteratie Prototype

Prototype V1

De 2e minigame leert de kinderen over het If-Else statement. Het is de bedoeling dat de trein ❶ wordt gestopt op het juiste moment doormiddel van het groene en rode licht ❷.

Wanneer het licht op groen staat en op de knop wordt gedrukt gaat de trein rijden. De trein rijdt tot het groene licht uit gaat en het rode licht aan gaat. Dit moet gebeuren voordat de trein tegen het obstakel ❸ aan rijdt. Ook is weer het scherm te zien waar de programmeerblokken gekozen kunnen worden ❹. Daarnaast is weer een scherm zichtbaar voor het script ❺.

Voor de uitleg over deze puzzel, zie [productbiografie > fase 3 - ideegeneratie & conceptontwikkeling > minigames > trein minigame](#)



Testronde V1

Usability Testing

Ik heb mijn Usability test met Prototype V1 uitgevoerd met Casper, een kind bij de Coderdojo. De belangrijkste inzichten zijn:

- Gebruik van de blokjes wordt snel opgepakt.
- De gebruiker kon op de knop slaan, maar er was nog geen indicatie dat de knop echt was ingedrukt. Hierdoor werd de knop meerdere malen ingeklikt.
- Licht dat aan ging bij de volgende puzzel was niet duidelijk genoeg.
- Blokjes van Afstand, <, > en 20 zijn wel erg klein.

Voor de volledige test verwijs, zie [productbiografie > fase 4 - prototype v1 > prototype test](#)

Iteratie Prototype

Prototype V2

Na mijn eerste prototype test heb ik aanpassingen gemaakt. Voor het volledige overzicht van dit prototype, zie [productbiografie > fase 4 - definitief concept > prototype V2 > prototype](#)

Ik heb de belichting van de game wereld veranderd waardoor de volgorde van de minigames duidelijker is.

Ik heb het schuurtje waar de kat moet eindigen kleiner gemaakt zodat dit overzichtel¹er is. De tegels waar de kat overheen loopt heb ik verlicht zodat deze beter ²htbaar zijn.



Iteratie Prototype

Prototype V2

Ook bij de puzzels heb ik een aantal veranderingen gemaakt. Zo heb ik de knop ❶ die het script van de minigames uitvoert echt laten indrukken.

Ik heb de blokjes bij het If statement ❷ groter gemaakt zodat deze makkelijker zijn op te pakken en neer te leggen.

De 3e minigame leert de kinderen over de 'loop' aan de hand van een kapotte klok. ❸

Door gebruik van een loop moeten de kinderen ervoor zorgen dat de klok weer werkt. Ze krijgen weer een scherm voor zich waarop een for loop met bijbehorende blokken staat. ❹

Deze minigame heb ik tussen de 2 bestaande puzzels gemaakt omdat, alhoewel er een volgorde is in de spellen, ik de kinderen ook de optie wil geven om een eigen weg te vinden.

Voor de uitleg over deze puzzel, zie [productbiografie > fase 3 - Ideegeneratie & Conceptontwikkeling > minigames > clock minigame](#)



Testronde V2

Usability Testing

Ik heb mijn Usability test met Prototype V2 uitgevoerd met 4 kinderen bij de Coderdojo. De belangrijkste inzichten waren:

- Knop werkte goed.
- De structuur van de loop was bij niemand bekend en het feit dat je er 2 moest gebruiken zag ook niemand.
- 1 testpersoon vond de loop wel duidelijk maar wist niet wat 'let' betekende.
- Lichten had ik duidelijker gemaakt maar de 'flow' was alsnog niet duidelijk.

Voor de uitleg over deze test, zie [productbiografie > fase 4 - definitief concept > prototype v2 > prototype test](#)



Narrative

Ik heb ervoor gekozen om een eigen variatie te maken op de narrative in Honkai Star Rail (HSR).

Sommige delen van deze narrative worden weergegeven door een pad dat wordt getoond met een gele lijn.

Op plekken langs deze lijn staan uitgewerkte scene's van het verhaal. Deze scene's worden zichtbaar als je dichtbij komt en verdwijnen als je verder loopt. Zo loop je echt door het verhaal.

Dit vind ik een leuke manier en ik wilde dit graag gebruiken in mijn prototype.

Hiervoor heb ik mijn verhaal in een aantal zinnen verdeeld:

1. Je bent met de scouting aan het kamperen in het bos
2. Je loopt weg van de groep om het bos te ontdekken
3. In de verte zie je een huis en je wordt nieuwsgierig
4. Je ziet dat de deur open is en besluit een kijkje te nemen
5. Je wilt verder ontdekken en besluit naar binnen te gaan
6. De deur valt achter je dicht en je zit vast in het huis...

Voor de volledige ideation, onderzoek en uitwerking, zie productbiografie > fase 4 - definitief concept > narrative



Iteratie Prototype

Prototype V3

Na mijn tweede prototype test heb ik aanpassingen gemaakt. Voor het volledige overzicht van dit prototype, zie [productbiografie > fase 4 - definitief concept > prototype V3 > prototype](#)

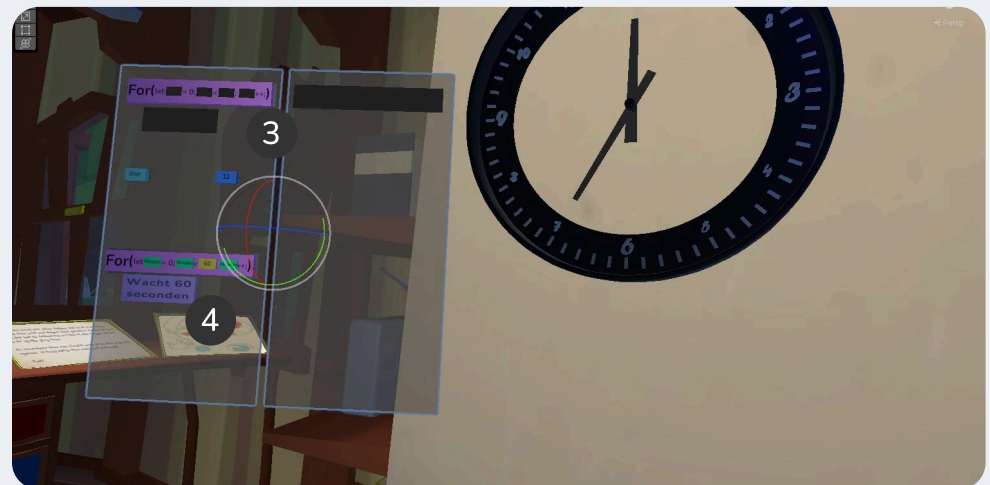
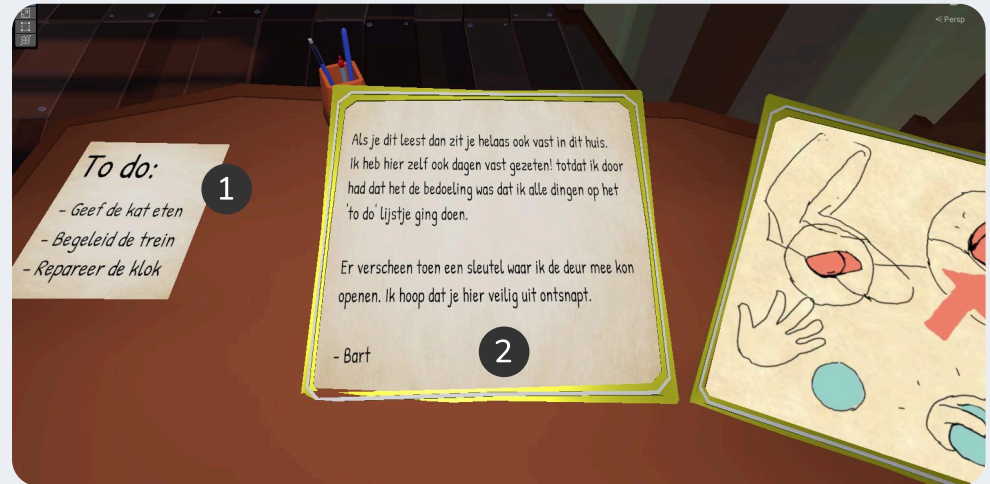
Ik heb de flow met lampen weggehaald omdat dit onduidelijk was. In plaats daarvan ligt er op het bureau waar je voor start een 'to do' lijst. ❶

Hier ligt ook een stukje uitleg voor de Narrative die ik heb toegevoegd. ❷

Bij het spel met de klok heb ik ervoor gezorgd dat de kinderen maar 1 loop hoeven in te vullen. ❸

1 loop is al voor ze ingevuld en kunnen ze als voorbeeld gebruiken.

Ik hoop de minigame zo duidelijker te maken. ❹



Iteratie Prototype

Prototype V3

Bij dit prototype heb ik een narrative toegevoegd. Dit begint bij een scouting kamp in het bos. ①

De verschillende zinnen waarin ik mijn verhaal heb ingedeeld zijn zichtbaar bij de teleporteer pads die naar het huis lopen. ②

Het stukje tekst wordt zichtbaar als de speler op de bijbehorende teleporteer pad staat.

Na de laatste pad valt de deur achter de speler dicht en start de escape room.

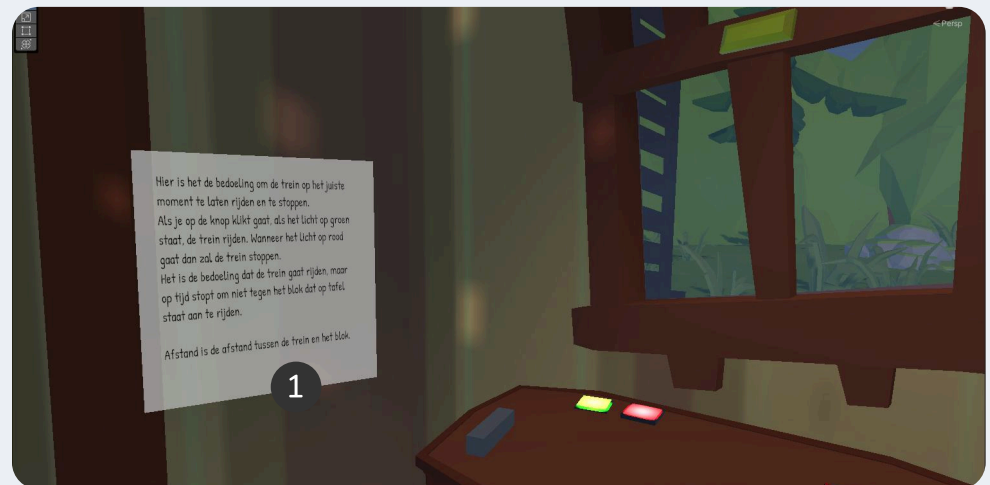


Iteratie Prototype

Prototype V3

Voor de laatste aanpassingen in dit prototype heb ik bij elke minigame een uitleg neergezet. ①

Ook zijn de UI's en de start knop pas zichtbaar als de speler bij het spel staat.



Testronde V3

Usability Testing

Ik heb mijn Usability test met Prototype V3 uitgevoerd met 3 kinderen bij de Coderdojo. Inzichten uit deze test zijn:

- Het verhaal voegt een stukje diepgang en motivatie toe wat de kinderen erg leuk vinden.
- Einde van het verhaal is nog onduidelijk.
- Het If / Else blok wordt gezien als een invul oefening.

Eén kind las het verhaal hardop voor en zei: 'Ja, dit is leuk, dat ga ik doen'. Dit was voor mij een leuk moment omdat ik meteen zag dat het verhaal aansloot.

Voor de volledige test, zie [productbiografie > fase 4 - definitief concept > prototype v3 > prototype test](#)

Expert Reviews

Walter

Ik heb een Expert Review gedaan met Walter Giannuzzi om een mening te krijgen over de complexiteit van mijn prototype.

Walter zegt het volgende over de technische opzet:

"Volgens mij zit er veel in, de polish is al best wel goed. Dus de wereld staat. Ik denk dat je een goede worldbuilding hebt gedaan en er zit genoeg werk in. Er zit heel veel complexiteit ook in al die puzzels. Met kopiëren, met doen en slepen enzo. Dus ik denk dat dit meer dan op niveau is wat betreft het afstuderen en de opdracht."

Ik kreeg van Walter nog wat aandachtspunten:

- UI's echt in de wereld verwerken.
- Buttons disabled maken als er op gedrukt is.
- Laten zien waar je in het script bent.
- Audio toevoegen voor meer immersion.

Voor het volledige interview. zie [productbiografie > fase 5 - valideren > expert review](#)

Iteratie Prototype

Prototype V4

Na mijn derde prototype test en Expert Review heb ik aanpassingen gemaakt. Voor het volledige overzicht van dit prototype, zie [productbiografie > fase 4 - definitief concept > prototype V4 > prototype](#)

In dit prototype heb ik de minigames echt in de wereld verwerkt zodat ze meer immersive voelen.

Bij de minigame met de kat heb ik een tafel voor het raam gezet waar de codeblokken en andere delen van de UI op liggen. Zo is de UI op een natuurlijke manier verwerkt in het spel. ❶ Ook krijgt de stap die wordt uitgevoerd een glow zodat het duidelijk is welke stap wordt uitgevoerd.

Bij het trein spel heb ik de UI element op de tafel geplaatst. ❷ Ook heb ik ervoor gezorgd dat de If / Else in te vullen zijn in plaats van blokken die eerst nog opgepakt moeten worden. ❸

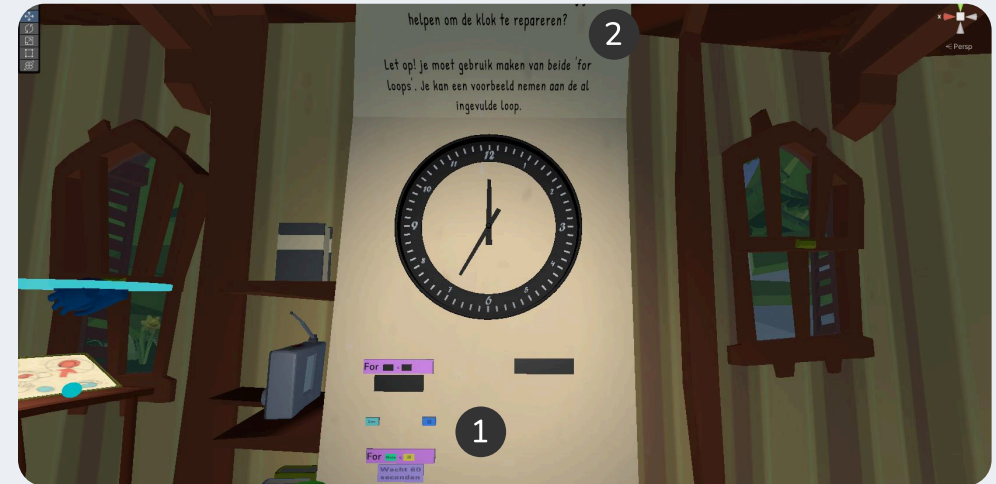


Iteratie Prototype

Prototype V4

De minigame met de klok heb ik versimpeld door een ander soort loop te gebruiken. In plaats van 4 invul velden zijn er nu maar 2. ¹
Ook heb ik de codeblokken en uitleg op een meer natuurlijke manier verwerkt in de kamer. ²

Bij het bureau heb ik de tekst van het verhaal ingekort ³ en heb ik naast de instructie een object gelegd zodat de speler het oppakken kan oefenen. ⁴



Testronde V4

Usability Testing

Ik heb mijn Usability test met Prototype V4 uitgevoerd met 4 kinderen bij de Coderdojo. Inzichten uit deze test zijn:

- Er zijn nog een aantal bugs aanwezig.
- Na het openen van de deur werd verwacht dat je weer terug kon lopen naar het kamp.
- Teleporteer pads zijn klein.
- Tafel met de trein moet omhoog.
- Doorstrepen van to-do list is bijna niet zichtbaar.

Mijn tweede testpersoon was Lotus. Lotus had al een keer eerder getest met Prototype V2. Ze vertelde bij het trein spel met trots dat ze had onthouden wat een If / Else was en wat de < en > tekens betekende. Dit was al een maand geleden, dus goed om te zien dat ze dit heeft onthouden.

Voor de volledige test, zie [productbiografie > fase 4 - definitief concept > prototype v4 > prototype test](#)

Definitief prototype

De laatste aanpassingen heb ik gemaakt aan de hand van mijn Prototype V4 Test. Voor het volledige definitieve prototype, zie [productbiografie > fase 5 - valideren > definitief prototype > definitief prototype](#)

In dit prototype heb ik veel 'bugs' opgelost.

Ik heb de tafel bij de trein omhoog gezet, de teleporteer pads groter gemaakt, to do lijst doorstrepen duidelijker gemaakt, skybox naar 1 kleur veranderd, snap punten verbeterd en de vliegende tekst bij de narrative verduidelijkt.

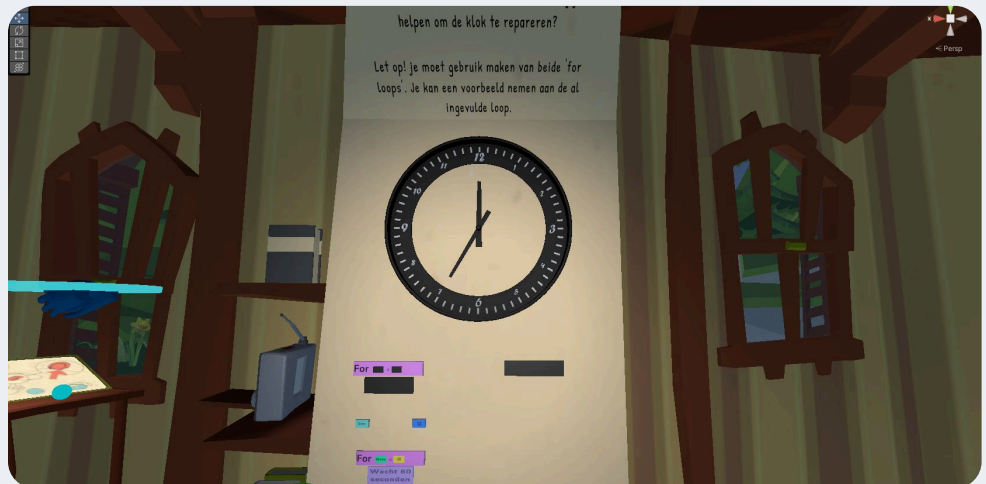
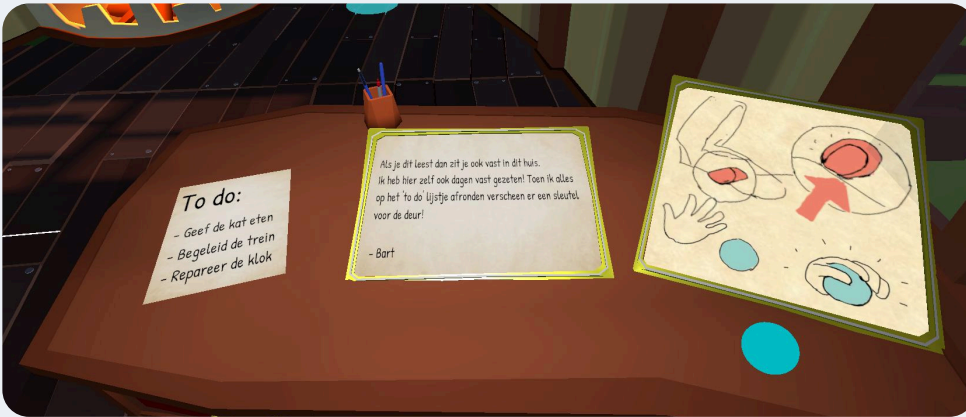
Ik heb ook audio toegevoegd voor een meer immersieve ervaring. Verschillende geluidseffecten zorgen er voor dat de kinderen nog meer betrokken raken bij het spel en dus beter zullen leren. Om naar de sound effects te luisteren en verdere uitleg, zie [productbiografie > fase 5 - valideren > definitief prototype > sound design](#)

Het einde van de narrative heb ik ook uitgewerkt. Wanneer de speler de deur van de escape room opent kan die terug lopen naar het kamp waar het spel begon. ❶
Er komt bij de eerste teleporteer pad ook een stukje tekst dat vertelt dat je ontsnapt bent. ❷



Definitief prototype

Kort overzicht van het prototype:



Product Quality Review

Ik heb een Product Quality Review gedaan met Bor, leidinggevende van de Coderdojo, over de toepasbaarheid van het product.

Ik heb Bor eerst het prototype laten zien in Unity en uitgelegd wat elke puzzel moet aanleren en hoe de flow van het spel in elkaar zit. Bor was sprakeloos en vertelde hoe trots ik hierop mag zijn. Hij was onder de indruk van de verschillende niveaus, de moeilijkheidsgraad en het programmeren met blokjes.

Na het testen vertelt Bor meerdere malen hoe 'gaaf' hij dit vindt en dat hij de potentie ziet van dit concept. Hij vertelt dat dit goed past bij de CoderDojo maar dat dit ook voor reguliere educatie goed zou werken.

Bor ziet mogelijkheden de content van de game te vervangen voor andere vakken zoals muziek en tekenen.

Voor het volledige interview, zie [productbiografie > fase 6 - evalueren > product quality review](#)

Conclusie

Design Challenge

Hoe kan ik een digitale Virtual Reality beleving ontwerpen die kinderen van 7 tot 15 jaar helpt met het leren van basis programmeerconcepten?

Conclusie

Nu ik mijn Design Challenge teruglees kan ik concluderen dat ik met mijn concept aan de design challenge heb voldaan. Dit is gelukt door zowel onderzoek te verrichten als te luisteren naar mijn doelgroep.

Waarom kom ik tot deze conclusie?

De resultaten van de verschillende Usability Tests zijn positief en de feedback die hieruit voortkwam heb ik verwerkt.

Tijdens de testen zie ik telkens hoe enthousiast de kinderen zijn en hoe gaaf ze dit concept vinden. Bij kinderen die al een eerder prototype hadden getest bleek dat de programmeerconcepten goed waren onthouden.

De Expert Review met Bor laat ook zien dat dit concept goed toe te passen is bij de Coderdojo.

Ook sluiten de minigames die ik heb gemaakt aan bij de leerdoelen die ik had opgesteld:

De puzzel met de kat sluit aan bij het leerdoel van sequentiële instructies.

De puzzel met de trein maakt gebruik van variabelen, conditionele statements en functies.

De puzzel met de klok sluit aan bij het leerdoel rondom loops en variabelen.

Aanbevelingen

Toekomstvisie

Het lijkt mij ontzettend leuk om dit project na het behalen van mijn CMD diploma voort te zetten. Door de resultaten van mijn Usability Tests en mijn gesprek met Bor ben ik ervan overtuigd dat mijn concept kan helpen met het leren van programmeerconcepten. Ik heb nog wel punten waarmee mijn concept verder uitgebreid kan worden. Denk hierbij aan:

- Het toevoegen van Pair Programming door de game multiplayer te maken zodat kinderen samen de escape room kunnen spelen.
- Het toevoegen van meer puzzels zodat elk programmeerconcept herhaald wordt.
- Het toevoegen van meer puzzels die in gaan op andere programmeerconcepten.

Daarnaast zijn er nog dingen waar rekening mee gehouden moet worden bij het uitrollen en gebruiken van dit concept. Denk hierbij aan:

- De vrijwilligers moeten bekend zijn met de game en eventueel kunnen helpen als het kind vast loopt.
- De game zou geïnstalleerd moeten worden op alle brillen van de Coderdojo.
- Het publiceren van de game zodat niet elke installatie vanaf mijn computer gedaan moet worden.
- Instructies voor het downloaden, starten en spelen van de game.

Dit concept zou ook gebruikt kunnen worden om andere vakken te leren dan programmeren (tekenen, muziek, wiskunde etc.) door de content van de puzzels aan te passen.

Bronnen

Dongo, T. A., Reed, A. H., & O'Hara, M. T. (2016). Exploring Pair Programming Benefits for MIS Majors. ResearchGate; Informing Science Institute. https://www.researchgate.net/publication/320654268_Exploring_Pair_Programming_Benefits_for_MIS_Majors

Villena-Taranilla, R., Tirado-Olivares, S., Cózar-Gutiérrez, R., & González-Calero, J. A. (2022). Effects of virtual reality on learning outcomes in K-6 education: A meta-analysis. Educational Research Review, 35, 100434. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100434>

Chowdhury, T. I., Ferdous, S. M. S., & Quarles, J. (2019). VR disability simulation reduces implicit bias towards persons with disabilities. IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics, 27(6), 3079–3090. <https://doi.org/10.1109/tvcg.2019.2958332>

Kao, G. Y., & Ruan, C. (2022). Designing and evaluating a high interactive virtual reality system for programming learning. Computers in Human Behavior, 132, 107245. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107245>

Pellas, N., Stylianos Mystakidis, & Ioannis Kazanidis. (2021, September). Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific... ResearchGate; Springer Nature. https://www.researchgate.net/publication/346440940_Immersive_Virtual_Reality_in_K-12_and_Higher_Education_A_systematic_review_of_the_last_decade_scientific_literature

https://researchonline.gcu.ac.uk/ws/portalfiles/portal/24517410/B.Law_PaperV6_Puzzle_Games_A_Metaphor_for_Computational_Thinking_BobbyLaw_2_.pdf

Oyelere, A. S., Agbo, F. J., & Oyelere, S. S. (2023). Formative evaluation of immersive virtual reality expedition mini-games to facilitate computational thinking. Computers & Education: X Reality, 2, 100016. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100016>

Sebastian, B. (2024b, april 5). The Psychology of Game Design: Understanding Player Motivation. Medium. <https://medium.com/@blake.sebastian/the-psychology-of-game-design-understanding-player-motivation-8a8bda875653>

Bronnen

Hao Wang, & Sun, C.-T. (2012, May 7). Game Reward Systems: Gaming Experiences and Social Meanings. ResearchGate; unknown. https://www.researchgate.net/publication/268351726_Game_Reward_Systems_Gaming_Experiences_and_Social_Meanings

Bardon, A. (2024, 4 juni). The Fascinating World of Game Design Psychology: Unlocking the Secrets to Player Motivation. Lindenwood University Online. <https://online.lindenwood.edu/blog/the-fascinating-world-of-game-design-psychology-unlocking-the-secrets-to-player-motivation/>

Franken, R. E., & Brown, D. J. (1995). Why do people like competition? The motivation for winning, putting forth effort, improving one's performance, performing well, being instrumental, and expressing forceful/aggressive behavior. *Personality and Individual Differences*, 19(2), 175–184. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(95\)00035-5](https://doi.org/10.1016/0191-8869(95)00035-5)

Worm, B. S., & Buch, S. V. (2014). Does Competition Work as a Motivating Factor in E-Learning? A Randomized Controlled Trial. *PLoS ONE*, 9(1), e85434. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085434>

Zainuddin, Z., Chu, S. K. W., Shujahat, M., & Perera, C. J. (2020). The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence. *Educational Research Review*, 30(2020), 100326. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326>