Bachelorscriptie

De waarde van virtual reality in het toekomstige ontwerpproces

Auteurs

Student	T. de Haas	568847
Student	R. Versloot	566305

Afstudeerbegeleiders

1e begeleider	ir. J. Janssen
2e begeleider	ing. M.A.A. van Muijden MSc

Bedrijfsbegeleider

ABT	ir. T. van Dooren

Onderwijsinstelling

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen

Afstudeerbedrijf

ABT

THRV

29 mei 2018, Velp

Bachelorscriptie

De waarde van virtual reality in het toekomstige ontwerpproces

Auteurs

Student	T. de Haas
Studentnummer	568847
Opleiding	Bouwkunde
Afstudeerrichting	Architectuur
Student	R. Versloot
Studentnummer	566305
Opleiding	Bouwkunde
Afstudeerrichting	Architectuur

29 mei 2018, Velp

Voorwoord

Dit is de scriptie: De waarde van virtual reality in het toekomstige ontwerpproces. Het onderzoek is gedaan in het kader van het afstuderen aan de opleiding bouwkunde aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen en is uitgevoerd in opdracht van ABT. Dit is een multidisciplinair ingenieursbureau met een breed scala aan projecten, zoals: terminals, rechtbanken, musea en woon/werk complexen.

Van februari tot en met mei zijn wij, Reinder Versloot en Timmo de Haas, bezig geweest met het opstellen, onderzoeken en uitschrijven van de scriptie.

De vraag naar het onderzoek is ontstaan tijdens de stageperiode in 2017 toen ik (Timmo de Haas) stage liep bij ABT. Tijdens deze stage ben ik veel bezig geweest met het implementeren van VR intern bij ABT en met het onderzoeken van mogelijkheden voor het toepassen van deze technologie aan de hand van gestelde vragen van klanten. Door het uitvoeren van deze onderzoeken ben ik de potentie van de technologie gaan inzien, en ben ik er ook achter gekomen dat ik het leuk vind om met nieuwe innovaties bezig te zijn. Daarom sluit dit onderzoek goed aan op mij. De voorkennis die ik tijdens mijn stage heb opgedaan over dit onderwerp is een goed fundament geweest voor het maken van deze scriptie.

Ik (Reinder Versloot) heb altijd interesse gehad op het gebied van nieuwe technologische ontwikkelingen. Toen Timmo de Haas vertelde over de werkzaamheden die hij verrichtte tijdens zijn stageperiode wekte dit mijn interesse. Zo zie ik VR als een technologie met veel potentie, die op dit moment, naar mijn verwachting nog niet volledig wordt benut. Ik zag de samenwerking met Timmo en ABT dan ook als een kans om dit te onderzoeken en me verder te verdiepen in dit onderwerp.

Deze afstudeerscriptie is in gelijke bijdrage uitgevoerd door: Timmo de Haas & Reinder Versloot.

Bij dezen willen wij graag ABT bedanken voor het bieden van de ruimte en ondersteuning in het bepalen van de richting van het afstudeeronderzoek.

Nadrukkelijk willen wij graag de bedrijfsbegeleider T. van Dooren bedanken voor het mede mogelijk maken van de afstudeerplaats binnen ABT en de prettige samenwerking die van het begin tot eind van het afstuderen heeft plaatsgevonden. Wij hebben vaak de gelegenheid gekregen om te sparren, wat tot veel waardevolle input voor de scriptie heeft geleid.

Daarnaast willen wij graag de respondenten van de interviews bedanken. Door open te staan voor het afnemen van de interviews is het mogelijk geweest om waardevolle informatie te verzamelen, wat van groot belang is geweest voor het onderzoek.

Tevens willen wij onze dank uitspreken richting de afstudeerbegeleiders: J. Janssen en M, van Muijden voor de begeleidende rol en het geven van advies daar waar dit nodig is geweest.

Als laatst willen wij de overige collega's binnen ABT bedanken. Zij hebben meegeholpen aan het onderzoek door het geven van advies en het invullen van de enquête.

Timmo de Haas & Reinder Versloot
Velp, 29 mei 2018

[Deze pagina is opzettelijk leeg gelaten]

Samenvatting

De opdrachtgever ABT ziet veel mogelijkheden om Virtual Reality (VR) toe te passen als hulpmiddel in het bouwkundige ontwerpproces. Echter, de waarde van deze virtuele technologie is nog niet geheel in beeld gebracht. Deze waarde is relevant om de volledige potentie van VR in te kunnen zetten. Daarnaast is de vraag aanwezig of VR in de toekomst nog een relevante technologie zal zijn, en of het bedrijfsbeleid hier in de toekomst rekening mee moet houden.

Het doel van het onderzoek is het voor ABT inzichtelijk maken wat de waarde van VR is, en welke rol deze technologie in het toekomstige ontwerpproces gaat krijgen. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

"Wat is de waarde van VR in het toekomstige ontwerpproces?"

Voor de toekomst in deze onderzoeksvraag is uitgegaan van vijf jaar, en met het ontwerpproces worden alles fases vanaf de projectdefinitie tot en met het technisch ontwerp bedoeld.

Om antwoord te geven op de hoofdvraag zijn een drietal deelvragen opgesteld, waarin antwoord is gegeven op: *wat VR is, wat de waarde van VR is, en wat de toekomst van VR is.*

Voor de eerste deelvraag is een literatuurstudie uitgevoerd. Om de tweede deelvraag te beantwoorden is het onderzoek opgebouwd uit een kwalitatief onderzoek in de vorm van interviews, en een kwantitatief onderzoek in de vorm van een enquête binnen ABT. Voor de kwalitatieve dataverzameling is een selectieve keuze gemaakt voor bedrijven die affiniteit en werkervaring met VR binnen het ontwerpproces hebben. Deze bedrijven bestaan uit architecten-, ingenieurs- en ontwikkelbureaus. Voor de laatste deelvraag is onderzoek gedaan door middel van een scenario-analyse. Voor deze analyse zijn aan de hand van een tweetal variabelen, die volgens het onderzoek de meeste invloed hebben op de toekomst van VR, een viertal scenario's opgesteld. Waarin het per scenario verschilt of deze variabelen een extreem positieve en/of extreem negatieve waarde hebben. Vervolgens zijn de scenario's ingedeeld naar mate van waarschijnlijkheid van uitkomen. De indeling is gebaseerd op de resultaten uit het kwalitatieve en kwantitatieve onderzoek, een trendanalyse op het gebied van de ontwikkeling van VR als technologie, en op de interne ontwikkeling van VR binnen ABT.

Uit het onderzoek is gebleken dat er veel onduidelijkheid bestaat over wat VR precies is en wat de mogelijkheden ervan zijn. Uit het literatuuronderzoek is de begripsbepaling van VR, letterlijk vertaald als virtuele werkelijkheid, als volgt vastgelegd: *"Virtual reality is een virtuele omgeving waarin de gebruiker volledig visueel wordt opgenomen, daarnaast kunnen geluid en interactie ook onderdeel zijn van deze ervaring."*

Uit het kwalitatieve en kwantitatieve onderzoek is gebleken dat VR vooral uitblinkt op het gebied van: *communiceren*, *visualiseren* en *simuleren*. Wanneer de bottlenecks van VR, *incompetente hard- en software* en het *gebruiksongemak*, verbeterd worden, zal de waarde van VR effectiever benut worden.

Met de bottlenecks zijn de variabelen vastgesteld die de meeste invloed hebben op de toekomst van VR in het ontwerpproces. Volgens het onderzoek zijn dit de *ontwikkeling* van VR en de *gebruiker* die het toepast.

Uit de scenario-analyse is gebleken dat het scenario waarin beide variabelen een positieve waarde hebben het meest waarschijnlijk is. Zowel de data uit het kwalitatieve en kwantitatieve onderzoek als de trendanalyse duiden op een doorontwikkeling van deze technologie. De gebruiker ABT is positief over VR, en past het volgens het onderzoek over vijf jaar nog steeds toe. De voornaamste reden hiervan is dat verwacht wordt dat VR een meerwaarde blijft houden in het ontwerpproces. Toch wordt door de respondenten niet verwacht dat VR na de gestelde vijf jaar volledig geïntegreerd zal zijn in het ontwerpproces; volgens de geïnterviewden is hier meer tijd voor nodig.

Op basis van deze conclusies is de aanbeveling richting ABT uitgesproken. Aanbevolen is om het huidige bedrijfsbeleid door te zetten, waarin de ontwikkeling en het gebruik van VR gestimuleerd wordt. Voor het gebruik van VR wordt aanbevolen om deze virtuele technologie in te zetten als tool binnen het ontwerpproces voor het communiceren, visualiseren en/of simuleren. Op korte termijn wordt aangeraden om projecttoepassingen met VR intern breder te delen. Hierdoor zal het voor medewerkers mogelijk worden om de kansen voor het toepassen van VR in projecten te herkennen. Op lange termijn wordt aangeraden om een VR cursus voor medewerkers te organiseren, waarin aandacht wordt gegeven aan het opzetten van de hardware, en het toepassen van de software. Hierdoor wordt de drempel om zelf gebruik te maken van VR verlaagd en kunnen de kansen ook benut worden.

Summary

The client ABT sees many opportunities to use Virtual Reality (VR) as an aid in the building design process. However, the value of this virtual technology is not fully clear yet. This value is relevant to be able to use the full potential of VR in the design process. Furthermore, the question is whether VR will be a relevant technology in the future, and whether the company policy needs to be adjusted accordingly.

The purpose of this research is to provide insight into the value of VR for ABT, and the role this technology will have in the future design process. The following research question has been formulated:

"What is the value of VR in the future design process?"

For this research the future is set to be five years. The design process covers all phases from the project definition to the technical design phase.

In order to answer the main question, three sub-questions have been formulated, in which answer is given to: what VR is, what the value of VR is, and what the future of VR is.

A literature study has been conducted for the first sub-question. The research for the second sub-question consisted of a qualitative research in the form of an interview, and a quantitative research in the form of an internal survey held within ABT. The quantitative data was collected by making a selective choice in companies that have affinity with VR in the design process. These companies consisted of architectural firms, engineering firms and development agencies. A research by means of a scenario analysis has been carried out for the last sub-question. Four scenarios have been drawn up for this analysis. These four scenarios are based on two variables which, according to the research, have the most influence on the future of VR in the design process. Each scenario is based on a different value of the variables, and is put in a extremely positive and/or extremely negative state. The scenarios are classified according to the probability of success. This classification is based on the available data from the qualitative and quantitative research, a trend analysis regarding the technological development of VR, and on the internal development of VR within ABT.

The research has shown that there is a great deal of uncertainty about what VR exactly is, and what its possibilities are. The definition of VR is based upon the literature study and is defined for this research as follows: *"Virtual reality is a virtual environment in which the user is fully visual included, in addition, sound and interaction can also be part of this experience."*

The qualitative and quantitative research has shown that VR mainly excels in: communicating, visualizing and simulating. If the bottlenecks of VR, incompetent hard- and software, and the user discomfort, would be improved, the value of VR will be utilized more effectively.

The variables which have the most influence on the future use of VR in the design process are based on the bottlenecks. According to the research, these variables are the *development* of VR and the *user* who uses it.

The scenario analysis has shown that the scenario in which both variables have a positive value, is the most likely to take place. Both the data from the quantitative and qualitative research, and the data from the trendanalyses indicate a further development of this technology. The user ABT is positive about the use of VR and will still use it in five years, according to the research. The main reason of this is that VR is expected to retain it's added value in the design process. Nonetheless, the respondents do not expect that VR will be fully integrated in the design process after the stated five years; this integration will require more time according to the interviewees.

The recommendation to ABT is based on these conclusions. It is recommended to continue the development and use of VR. It is recommended to use this virtual technology as a tool within the design process for communicating, visualizing and/or simulating. The short term recommendation is to share project applications with VR internally more broadly. Employees will be able to recognize the opportunities to apply VR in projects because of this. In the long term it is recommended to organise a VR course for employees, in which attention is given to setting up the hardware and applying the software. As a result, the threshold for using VR is reduced and the opportunites can be utilized.

Inhoudsopgave

Voorwoord 4
Samenvatting 6
Summary 7
Inhoudsopgave 8
1. Begrippen & afkortingen 9
2. Inleiding 10
2.1 Aanleiding 10
2.2 Probleemstelling 10
2.3 Doelstelling 10
2.4 Onderzoeksvraag 10
2.5 Afbakening 11
2.6 Onderzoeksmethode 11
2.7 Leeswijzer 11
3. Methodologie 12
3.1 Fase 1 - Wat is VR 12
3.2 Fase 2 - De waarde van VR 12
3.3 Fase 3 - De toekomst van VR 13
4. Theoretisch kader 14
4.1 Virtual Reality 14
4.2 Augmented Reality 14
4.3 Mixed Reality 14
4.4 Toegepaste VR systemen bij ABT 16
4.5 VR in de praktijk 18
5. De waarde van VR 20
5.1 Enquête 20
5.2 Interviews 24
6. De toekomst van VR 30
6.1 Variabelen 30
6.2 Scenario's 30
6.3 Analyse 32
6.4 Conclusie 36
7. Onderzoeksresultaten 37
7.1 Wat is VR? 37
7.2 Wat is de waarde van VR? 37
7.3 Wat is de toekomst van VR? 37
8. Conclusie 38
9. Discussie 39
9.1 Validiteit 39
9.2 Beperkingen 40
9.3 Vervolgonderzoek 40
10. Aanbevelingen 41
11. Literatuurlijst 42
12. Figuur- en tabellenlijst 44
13. Bijlagen 45

Figuur 1. Brug, M.v. Primabeeld, Velp.

1. Begrippen & afkortingen

Begrip	(Afkorting)	Definitie
Augmented Reality	(AR)	Augmented reality is een projectie van een virtuele laag over de werkelijkheid.
Bottleneck		Knelpunt.
Building Information Model	(BIM)	Dit is een werkmethodiek waarbij in een model wordt samengewerkt door diverse disciplines in de bouwsector.
Couch VR		Dit is een toepassing van VR waarvan alleen zittend gebruik kan worden.
Field of View	(FoV)	Gezichtsveld.
Head Mounted Display	(HMD)	Een bril met ingebouwde beeldschermen, die de gebruiker afzondert van de werkelijkheid, waarmee virtual reality ervaren kan worden.
Infographic		Een infographic is een informatieve illustratie: een afbeelding die informatie uitbeeldt en verklaart. Een infographic is een combinatie van tekst en beeld.
Lighthouses		Lighthouses zijn de sensoren van het room-scale systeem van de HTC Vive. Deze sensoren sturen informatie naar de headset en controlers door middel van infrarood licht.
Mixed Reality	(MR)	Mixed reality is een projectie van een virtuele laag over de werkelijkheid en heeft hiermee de mogelijkheid tot interactie.
Multi-User		Digitale omgeving waarin het mogeijk is om met meerdere gebruikers tegelijk te interageren.
Room-scaling		Room-scaling is gebruik maken van een ruimte waarin de gebruiker vrij kan bewegen, door middel van sensoren worden deze bewegingen waargenomen en vertaald naar de virtuele omgeving.
Serious gaming		Een spel met als voornaamste doel communiceren en onderwijzen.
Virtual Reality	(VR)	Virtual reality is een virtuele omgeving waarin de gebruiker volledig visueel wordt opgenomen, daarnaast kunnen geluid en interactie ook onderdeel zijn van deze ervaring.

2. Inleiding

2.1 Aanleiding

Virtual Reality (VR) is een technologie die al geruime tijd in ontwikkeling is. Deze ontwikkeling heeft er recentelijk toe geleid dat VR beschikbaar is geworden voor de consument, met als gevolg dat deze technologie toegankelijker is. Hierdoor ontstaan nieuwe kansen en mogelijkheden voor het ontwerpproces.

De afgelopen jaren is VR voorzichtig geïmplementeerd in het werkproces van verschillende bedrijven en worden de voordelen ervan steeds duidelijker. Zo investeert ABT sinds 2014 in VR. Sindsdien hebben er al veel positieve ontwikkelingen plaatsgevonden en is VR al vaak voor projecten ingezet tijdens het ontwerpproces.

Momenteel wordt VR vooral ingezet voor project visualisatie, wat bijvoorbeeld tijdens een presentatie wordt getoond. Vaak wordt deze toepassing als een aanvullende service geleverd. Klanten en opdrachtgevers hebben volgens ABT doorgaans nog geen duidelijk beeld van wat VR is, en wat er allemaal mee mogelijk is.

2.2 Probleemstelling

Het ontwikkelteam binnen ABT ziet veel meerwaarde in VR, maar is van mening dat de volledige potentie van deze technologie nog niet bekend is. Om VR in zijn volledige potentie in te kunnen zetten, is het van belang om de waarde duidelijk in beeld te brengen. Daarnaast is het voor ABT niet bekend wat de rol van VR in haar toekomstige ontwerpproces zal zijn.

2.3 Doelstelling

De doelstelling van deze bachelorscriptie is het voor ABT inzichtelijk maken van de waarde van VR, en welke rol deze technologie in het toekomstige ontwerpproces gaat spelen. Vervolgens kan hier het bedrijfsbeleid omtrent VR eventueel op aangepast worden. Daarnaast is het van belang om duidelijkheid te scheppen over wat VR precies is.

2.4 Onderzoeksvraag

Op basis van de doelstellingen is in samenwerking met het projectteam en ABT het onderzoek besproken, dit heeft geresulteerd in de volgende onderzoeksvragen:

Hoofdvraag

Wat is de waarde van virtual reality in het toekomstige ontwerpproces?

Begripsbepalingen:
• Virtual reality: Virtual reality is een virtuele omgeving waarin de gebruiker volledig visueel wordt opgenomen, daarnaast kunnen geluid en interactie ook onderdeel zijn van deze ervaring.
• Toekomstige: Uitgaande van een tijdsbestek van 5 jaar
• Ontwerpproces: Functioneel en Technisch ontwerpproces. Zie *hoofdstuk 2.5 Afbakening*
• Waarde: Mogelijk positief en/of negatief.

Door het projectteam is vastgesteld dat bovenstaande hoofdvraag te beantwoorden is door deze in een drietal deelvragen op te delen. Onderstaand zijn deze deelvragen nader toegelicht:

Deelvragen

1. Wat is VR?

- Wat is VR, en hoe onderscheidt het zich ten opzichte van vergelijkbare technologieën?

Deze deelvraag is opgesteld om het begrip VR te definiëren en om vast te leggen welke andere vergelijkbare technologieën er bestaan.

De begripsbepaling van VR is van belang omdat dit het kernbegrip is van deze bachelorscriptie. Onderzoek naar de vergelijkbare technologieën is van belang om deze te onderscheiden van VR.

2. Wat is de waarde van VR?

- Wat is de waarde van VR in het ontwerpproces, en hoe wordt deze benut in de praktijk?

Het doel van deze deelvraag is om de waarde van VR in beeld te brengen, en inzichtelijk te maken hoe deze wordt toegepast in de praktijk.

3. Wat is de toekomst van VR?

- Wat is de toekomst van VR, en hoe beïnvloedt deze zijn waarde?

Met deze deelvraag wordt de toekomst van VR in het ontwerpproces onderzocht. Dit is van belang om een onderbouwde uitspraak te doen over de rol van VR in het toekomstige ontwerpproces.

2.5 Afbakening

De waarde van VR in het ontwerpproces staat in dit onderzoek centraal. Met het beantwoorden van de deelvragen is rekening gehouden dat er binnen de scope van het onderzoek is gewerkt.

In *figuur 2 & 3* staan de faseringen die worden toegepast in de bouw. Voor dit onderzoek vallen de donker gekleurde processen binnen de scope van het onderzoek:
• BIM-Fasering
  - Functioneel ontwerpproces
  - Technisch ontwerpproces
• DNR-fasering
  - Projectdefinitie
  - Structuur ontwerp
  - Voorlopig ontwerp
  - Definitief ontwerp
  - Technisch ontwerp

Met deelvraag 1 is informatie verstrekt over vergelijkbare technologieën van VR; Augmented reality (AR) en Mixed Reality (MR), in het verdere onderzoek zijn deze technologieën buiten beschouwing gelaten.

2.6 Onderzoeksmethode

Volgens Nel Verhoeve (2011) uit het boek 'Wat is onderzoek' valt het onderzoek onder de praktijkgerichte methode. Dit houdt in dat er onderzoek wordt gedaan naar problemen uit de praktijk. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van deskresearch, kwantitatief en kwalitatief onderzoek. In *hoofdstuk 3. Methodologie* is toegelicht hoe deze methodes zijn toegepast en wat de relevantie is voor het onderzoek.

2.7 Leeswijzer

Het digitale verslag maakt gebruik van snelkoppelingen. De inhoudsopgave kan gebruikt worden om naar de hoofdstukken te navigeren. Het THRV-logo in de rechter bovenhoek van elke oneven pagina navigeert terug naar de inhoudsopgave.

Deze scriptie bestaat uit dertien hoofdstukken, die ieder een verschillend onderwerp behandelen. De scriptie is in hoofdlijnen opgedeeld in het theoretisch kader, de resultaten en de conclusie.

De scriptie begint met het voorwoord, hierin is kort beschreven wat de persoonlijke achtergronden van de projectleden met betrekking tot het ontstaan van het afstudeeronderzoek zijn. Ten tweede is het dankwoord uitgesproken. Daaropvolgend is de samenvatting van dit onderzoek zowel in het Nederlands als in het Engels te lezen.

In hoofdstuk een is een overzicht van de gebruikte begrippen en afkortingen weergeven.

Hoofdstuk twee is de inleiding, hierin is de aanleiding, de probleemstelling en de doelstelling van het onderzoek te lezen. De hoofd- en deelvragen zijn hier toegelicht.

Hoofdstuk drie, methodologie, verklaart het proces van het onderzoek. Hierin is aangegeven welke onderzoeken zijn uitgevoerd en wat de relevantie hiervan is voor het hoofdonderzoek.

Hoofdstuk vier, het theoretisch kader, dient als grondlegging van basis informatie voor het onderzoek. Zo zijn de begrippen VR, AR en MR gedefinieerd, de toegepaste VR-systemen binnen ABT behandeld, en is omschreven welke toepassingen van VR momenteel zijn toegepast bij ABT binnen het ontwerpproces.

Het vijfde hoofdstuk behandelt de resultaten van het kwalitatieve en kwantitatieve onderzoek.

Hoofdstuk zes gaat over de toekomst van VR. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de analyses weergeven met daarbij de mogelijk toekomstige scenario's.

In hoofdstuk zeven staan de conclusies van de deelvragen.

Hoofdstuk acht is de conclusie van het onderzoek. Hierin is antwoord gegeven op de hoofdvraag.

Hoofdstuk negen behandelt de discussie. Hier zijn de interpretaties van de resultaten en de beperkingen van het onderzoek te lezen.

Hoofdstuk tien gaat over de aanbevelingen die door het projectteam zijn uitgesproken.

In hoofdstuk elf is de gebruikte literatuur herleidbaar.

Hoofdstuk twaalf behandelt de figuur- en tabellenlijst.

Tot slot is in hoofdstuk dertien overzicht van alle bijlagen te vinden.

Figuur 2. BIM-fasering

Figuur 3. DNR-fasering

3. Methodologie

In dit hoofdstuk is het achterliggend proces, wat voorafgaand aan het onderzoek is vastgesteld, van deze bachelorscriptie uitgelegd.

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden zijn drie deelvragen opgesteld. Elke fase in het onderzoek representeert één van deze deelvragen.

Als achtergrondinformatie is het complete proces van deze fases per stap weergegeven in het processchema van *Bijlagen document, hoofdstuk 10*. Dit schema biedt een overzicht van de gemaakt stappen en de onderlinge relatie tussen de verschillende producten.

3.1 Fase 1 - Wat is VR

In de eerste fase van het onderzoek, het theoretisch kader, is informatie verzameld door middel van een literatuurstudie. Deze studie dient als basiskennis voor het verdere onderzoek.

In de literatuurstudie is onderscheid gemaakt tussen vier verschillende onderwerpen. De eerste drie definiëren de begripsbepaling van Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) en Mixed Reality (MR).

Het vierde onderwerp gaat over virtual reality systemen welke binnen ABT zijn toegepast. Dit is van belang voor het onderzoek omdat het een beeld schept over hoe virtual reality in de praktijk met verschillende systemen kan worden ingezet. De literatuurstudie heeft geleid tot resultaten in de volgende paragrafen:

- *4.1 Virtual reality*
- *4.2 Augmented reality*
- *4.3 Mixed reality*
- *4.4 Toegepaste VR systemen bij ABT*

3.2 Fase 2 - De waarde van VR

In de tweede fase van het onderzoek is data met betrekking tot de waarde van VR vergaard. Deze data bestaat uit: kwantitatieve data in de vorm van een enquête, en kwalitatieve data in de vorm van interviews.

Voorafgaande aan dit onderzoek is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar hoe de kwalitatieve en kwantitatieve data verzameld kunnen worden. Het resultaat van dit onderzoek is een gestructureerde opzet van de enquête en de interviews. Het literatuuronderzoek is opgenomen in *hoofdstuk 2* van het *Bijlage document*.

Enquête

Voor dit onderzoek is gekozen voor het verzamelen van kwantitatieve data door middel van een enquête. Deze enquête is binnen ABT naar alle medewerkers van de bestaande kennisgroepen gestuurd. Het doel van de enquête is het in kaart brengen van ABT als gebruiker van VR. Hierin is gepeild hoe de medewerkers VR toepassen, en wat volgens deze steekproef de meest relevante waardes zijn.

Deze data is relevant voor de conclusie vorming met betrekking tot de waarde en de toekomst van VR binnen het ingenieursbureau. De analyse van deze kwantitatieve data heeft geleid tot de resultaten in de volgende paragraaf:

- *5.1 Enquête*

Interviews

Voor dit onderzoek is gekozen om de kwalitatieve data door middel van semigestructureerde interviews te verkrijgen.

Bij een semigestructureerd interview is van te voren een interviewschema opgesteld met algemeen geformuleerde vragen. Hierdoor is het mogelijk om doelgericht door te vragen en tot gedetailleerde data te komen.

Deze interviews zijn van belang voor het onderzoek om een conclusie te vormen over de waardebepaling van VR, en voor de onderbouwing van de scenario-analyse.

Voor het onderzoek is een vorm van doelgerichte interviews toegepast doordat respondenten zijn gezocht die affiniteit hebben met VR en de toepassing daarvan binnen het ontwerpproces.

Voor de selectie is het van belang dat de respondenten VR voor verschillende doeleinden hebben toegepast. De selectie is gemaakt uit een lijst van bedrijven die aanbevolen zijn door collega's, of die een connectie zijn van leden van het projectteam. Om een brede scope aan data over het onderwerp te vergaren is bewust gekozen voor een divers scala aan bedrijven.

Het laatste onderzoek van het theoretische kader is uitgevoerd in deze fase, en beschrijft de toepassingen van VR.

Het onderzoek is relevant om een overzicht te bieden van hoe VR tot nu toe is toegepast in het ontwerpproces. De analyse van deze kwalitatieve data heeft geleid tot de resultaten in de volgende paragraaf:

- *4.5 VR in de praktijk*
- *5.2 Interview*
- *6. De toekomst van VR*

3.3 Fase 3 - De toekomst van VR

In de derde fase van het onderzoek is de informatie uit de vorige fases gebruikt voor het opstellen van een scenario-analyse.

Er zijn een viertal scenario's opgesteld, welke zijn ingedeeld naar mate van waarschijnlijkheid van uitkomen. Deze waarschijnlijkheid is gebaseerd op een tweetal onderzoeken, namelijk: de Delphi methode en een trendanalyse. Deze zijn onderstaand toegelicht.

De analyse heeft geleid tot de resultaten in de volgende paragraaf:

- *6. De toekomst van VR*

Delphi methode

De essentie van de Delphi-methode is het herhaald bevragen van experts over een onderwerp. Tijdens de herhaling wordt geprobeerd tot consensus te komen door de antwoorden van andere experts terug te koppelen. Deze methode is omwille van het tijdsbestek vereenvoudigd door geen herhaling van bevraging toe te passen.

Na het verzamelen van de kwalitatieve data is door middel van analyse tot een consensus gekomen, waarmee de scenario's zijn beoordeeld.

Trendanalyse

Voor de trendanalyse zijn een tweetal variabelen onderzocht. Hiervoor is gekeken naar belangrijke ontwikkelingen op het gebied van deze variabelen.

Vervolgens zijn de activiteiten en gebeurtenissen corresponderend aan de tijd wanneer deze hebben plaatsgevonden uitgezet in een grafiek. Uit het onderzoek en de grafiek is bepaald of een positieve of negatieve trend waarneembaar is.

4. Theoretisch kader

Het theoretisch kader dient als basisinformatie voor het onderzoek. De bevindingen in dit hoofdstuk zijn afkomstig uit *literatuurstudie 1*, deze studie is opgenomen in *Bijlagen document, hoofdstuk 2*

Het eerste deel van het theoretisch kader gaat over de begrippen VR, AR en MR en hoe deze voor dit onderzoek gedefinieerd zijn.

Het tweede deel van het theoretisch kader gaat over de toegepaste VR systemen binnen ABT. Deze kennis is van belang voor een beeldvorming over de technologie.

Het derde en laatste deel beschrijft de toepassingen van VR die momenteel in de praktijk toegepast worden binnen het ontwerpproces.

4.1 Virtual Reality

De Nederlandse vertaling van het woord virtual reality: virtuele werkelijkheid, verklaart de definitie gedeeltelijk. Echter, de definitie ligt niet vast. De term wordt door verschillende experts op verscheidene manieren opgevat. Zo omschrijft Phillip Kauffold (2016), leraar op de Academy of Art University, virtual reality als: *een door de computer gegenereerde kunstmatige wereld, die ervaren kan worden, en mee kan worden geïnterageerd.* Op basis van deze definitie kan elk videospel als een virtuele werkelijkheid beschouwd worden.

Met de hedendaagse technologie is het mogelijk om de omgeving van de gebruiker compleet te vervangen met een door computer gesimuleerde VR omgeving. Dit gebeurt door middel van een speciale bril, een Head Mounted Display (HMD). De HMD van ABT is weergegeven in *figuur 8*.

De definitie van virtual reality is op basis van *literatuurstudie 1* als volgt geïnterpreteerd:

"Virtual reality is een virtuele omgeving waarin de gebruiker volledig visueel wordt opgenomen, daarnaast kunnen geluid en interactie ook onderdeel zijn van deze ervaring."

4.2 Augmented Reality

Het woord augment is afgeleid van het Latijnse woord: Augere. Dit betekent te verhogen of toe te voegen.
In de studie van Groesen en van der Steen (2017) wordt augmented reality dan ook omschreven als: *"De realiteitsvorm waarin een computer gegenereerde, virtuele laag, toegevoegd wordt aan objecten in de werkelijkheid. Bij AR is er sprake van een verrijking van de realiteit."*

Bij augmented reality wordt ook gebruik gemaakt van een HMD. Deze HMD sluit de gebruiker niet af van de omgeving, waardoor interactie met de werkelijkheid mogelijk blijft.
De toevoeging van informatie gebeurd door middel van een projectie over de werkelijkheid. Deze projectie heeft geen bewustzijn van de werkelijkheid.

De definitie is voor dit onderzoek als volgt geïnterpreteerd:

"Augmented reality is een projectie van een virtuele laag over de werkelijkheid."

4.3 Mixed Reality

Mixed reality en augmented reality hebben veel overeenkomsten, beide zijn een projectie van een virtuele laag over de werkelijkheid, waardoor interactie met de werkelijkheid mogelijk blijft. Het belangrijke verschil tussen MR en AR is dat de virtuele laag van MR wél kan reageren op de omgeving.

Een studie van Groesen en van der Steen (2017) omschrijft MR als: *"De realiteitsvorm waarin men zich gedeeltelijk in een gesimuleerde omgeving bevindt. MR is een vorm van reality waarbinnen twee of meerdere vormen van reality gecombineerd worden."*

De definitie van mixed reality is op basis van *literatuurstudie 1* als volgt geïnterpreteerd:

"Mixed reality is een projectie van een virtuele laag over de werkelijkheid en heeft hiermee de mogelijkheid tot interactie."

Figuur 4. Virtual reality: de gebruiker staat in een virtuele omgeving.

Figuur 5. Augmented reality: een projectie van een virtuele laag over de werkelijkheid.

Figuur 6. Mixed reality: een projectie van een virtuele laag die interactie heeft met de werkelijkheid.

4.4 Toegepaste VR systemen bij ABT

VR systemen

Onderstaand zijn de VR systemen die binnen ABT zijn toegepast nader toegelicht. Deze toelichting geeft de informatie die nodig is om de toepassingen van virtual reality beter te kunnen begrijpen.

Google Cardboard
De Google Cardboard is de meest simplistische manier om VR te kunnen ervaren. Google heeft een VR headset ontwikkeld die voornamelijk uit karton bestaat en werkt in combinatie met een smartphone.

De gebruiker dient een smartphone in de headset te plaatsen; door middel van een magneet aan de zijkant van de headset kan de gebruiker navigeren door de virtuele wereld.

HTC Vive
HTC heeft in samenwerking met Valve een virtual reality systeem ontwikkeld dat gebruik maakt van een HMD. Om nog een stap verder te gaan met de interactie, zijn er draadloze controllers die met de handen bediend kunnen worden. Met deze controllers kunnen handelingen verricht worden in de virtuele wereld, het zijn als het ware virtuele handen.

Hoe werkt het?
De HTC Vive is het eerste virtual reality systeem dat gebruik maakt van 'room scale' technologie. Room-scale VR is gebruik maken van een ruimte waarin de gebruiker vrij kan bewegen. Deze bewegingen vinden vervolgens ook plaats in de virtuele wereld.

Het room-scale systeem maakt gebruik van twee zogenoemde 'Lighthouses'. Dit zijn speciale sensoren die in de ruimte worden gemonteerd. Deze Lighthouses sturen informatie naar de HMD en de controllers door middel van infrarood licht, hierdoor wordt de positie van de gebruiker bepaald.

Om te voorkomen dat de gebruiker tegen objecten botst die in de ruimte staan, worden de grenzen waarbinnen de gebruiker moet blijven vastgesteld. Deze grenzen zijn virtueel zichtbaar, en verschijnen in de vorm van een grid wanneer de gebruiker te dicht bij de grens komt.

Figuur 7. ABT Cardboard

Figuur 8. ABT HTC Vive HMD & controllers

Oculus Rift
Oculus Rift is een virtual reality systeem ontworpen door Oculus VR. Het was de eerste nieuwe generatie van VR systemen dat beter om ging met problemen als misselijkheid en draagongemak.

Het systeem was oorspronkelijk ontworpen voor 'couch VR', waarvan de gebruiker alleen zittend gebruik kan maken van het systeem en niet rond kan lopen zoals bij de HTC Vive. In een nieuwere versie ondersteund de Oculus nu ook room-scaling.

Hoe werkt het?
Net als de HTC Vive kan er met de Oculus Rift gebruik worden gemaakt van room-scale technologie. Dit wordt door Oculus het "Oculus Touch" systeem genoemd.

De manier waarop deze technologie wordt toegepast verschilt met die van de HTC Vive. Zo wordt er bij de Oculus vanuit de HMD infrarood licht verstuurd met informatie naar de sensoren en de controllers.

Voor een volledige positie bepaling van de gebruiker zijn drie ontvangers nodig die op de computer aangesloten moeten worden. Het voordeel van het aansluiten van de sensoren op de computer is, dat er meerdere Oculus Rift systemen in eenzelfde ruimte gebruikt kunnen worden zonder dat ze elkaar storen.

Het controller systeem is verder ontwikkeld dan die van de HTC Vive. Zo heeft het sensoren in de controller die bepaalde handgebaren, zoals het opsteken van een duim, kunnen herkennen.

Figuur 9. Oculus Rift HMD (Amos, 2017)

Figuur 10. Oculus Touch controllers (Amos, 2017)

4.5 VR in de praktijk

Virtual reality wordt in het ontwerpproces al op verscheidene manieren toegepast. Uit het kwalitatieve onderzoek, *Bijlage document Hoofdstuk 5.* is geconcludeerd dat de huidige toepassingen in het ontwerpproces onder de volgende categorieën geplaatst worden: *360 graden impressies, geanimeerde modellen, interactieve modellen, mobiel VR-lab, Multi-user VR, project visualisatie, rondleidingen, serious gaming, varianten studies, visuele controle* en *VR-lab*.

Onderstaand zijn de huidige categorieën nader toegelicht. In tabel 1 zijn deze schematisch weergegeven, met daarbij de primaire waarde.

360 graden impressies
Dit is volgens het kwalitatieve onderzoek de meest toegankelijke manier om VR te ervaren. Het is een manier van visualiseren waarbij de gebruiker op een vast punt staat, en om zich heen kan kijken naar een 360 graden gegenereerde statische afbeelding. Interactie met de omgeving is niet mogelijk. Een 360 graden impressie is ook mogelijk in de vorm van een video. Het meest gebruikte systeem om deze vorm van VR te ervaren is middels een cardboard.

Geanimeerde modellen
Onder deze toepassing vallen modellen waarin één of meerdere animaties verwerkt zijn. Dit kan het automatisch openen van deuren zijn, of het visualiseren van complexe elementen, zoals een opengaande brug. Volgens het kwalitatieve onderzoek kunnen deze animaties leiden tot meer inzichtelijkheid van een project.

Interactieve modellen
Onder deze toepassing vallen modellen waarin een vorm van interactie mogelijk is door de gebruiker, zo kan de gebruiker meer dan alleen door het model lopen. Uit het kwalitatieve onderzoek blijkt dat deze interactie vaak wordt ingezet om de gebruikservaring naar een hoger niveau te tillen, zodat de gebruiker meer is dan alleen een toeschouwer.

(Mobiel) VR-lab
Het VR-lab is een vaste ruimte waar VR toepassingen ingezet kunnen worden. Hier kunnen nieuwe toepassingen en producten getest en ontwikkeld worden. Naast het vaste lab is er het mobiele VR-lab. Dit is een mobiele VR set welke naar de locatie meegenomen kan worden. Dit heeft als voordeel dat klanten en opdrachtgever ter plaatsen gebruik kunnen maken van een VR toepassing, zonder daarvoor naar een vast VR lab te gaan.

Mockups
Het maken van mockups is een tijdrovend proces. Uit het kwalitatieve onderzoek blijkt dat het maken van mockups in VR geen vervanging is van het maken van echte mockups. Het wordt gebruikt als tussenstap. Zo kan met VR de mockup vooraf al visueel gecontroleerd worden en getest worden op bruikbaarheid.

Modelleren
Met deze toepassing wordt het opzetten van een model in VR bedoeld. Voordelen hiervan zijn volgens J. Hanegraaf (2018), dat deze methode van modelleren een andere manier van massastudies mogelijk maakt, wat tot nieuwe inzichten kan leiden. Volgens F. Kroeze (2018) is het door te modelleren in VR mogelijk om ergonomischer te werken.

Multi-user VR
Met multi-user VR is het mogelijk om met meerdere personen in één virtuele omgeving te bevinden. Deze toepassing is niet locatie gebonden, dit maakt het mogelijk om vanaf verschillende locaties tegelijk het model te betreden. Elke gebruiker heeft daarvoor zijn een eigen VR systeem nodig. Deze toepassing kan ingezet worden om bijvoorbeeld vergaderingen in VR te organiseren, waarin het model overzichtelijk bekeken kan worden en opmerkingen geplaatst kunnen worden.

Project visualisatie
Voor het visualiseren van een project kan elk 3D model omgezet worden naar een VR omgeving. Deze toepassing wordt vaak ingezet als middel voor communicatie met projectbetrokkenen, opdrachtgevers of toekomstige gebruikers. Uit het kwalitatieve onderzoek blijkt dat visualiseren in VR de informatie beter overdraagt omdat het op werkelijke schaal gevisualiseerd en ervaren kan worden.

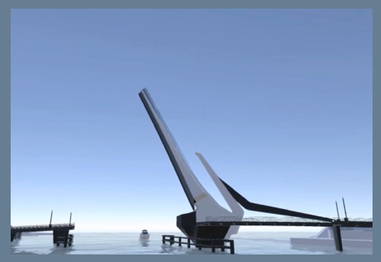
Rondleidingen
Ondanks dat deze toepassing veel overeenkomsten heeft met project visualisatie, heeft deze toch zijn eigen categorie gekregen. Onder VR rondleidingen valt bijvoorbeeld de toepassing waarbij gebruikers van een project het model in VR al voor de realisatie kunnen doorlopen. Doordat de gebruikers vaak een goed beeld krijgen over het ruimtegebruik, leidt deze toepassing mogelijk tot nieuwe inzichten.

Serious Gaming
Dit is een toepassing van VR met als voornaamste doel het informeren en communiceren heeft. serious gaming kan gebruikt worden om mensen te trainen met levensechte omstandigheden, in een veilige, of nog te realiseren omgeving.

Varianten studies
Hiermee wordt het bestuderen van varianten in VR bedoeld. In VR is het mogelijk om dit op een werkelijke schaal te ervaren. Deze visuele controle is volgens het kwalitatieve onderzoek niet te evenaren buiten VR, wat leidt tot meer inzicht.

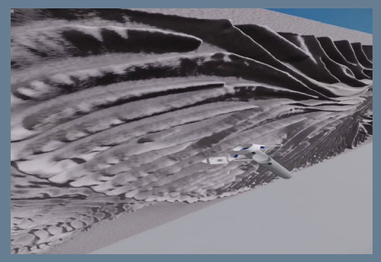
Visuele controle
Met deze toepassing wordt het in VR controleren van elementen of projecten bedoelt. Uit het kwalitatieve onderzoek blijkt dat wanneer dit in VR gedaan wordt het tot meer inzicht in het model kan leiden.

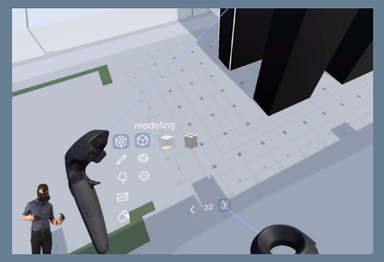
Figuur 11. 360 graden impressies


Figuur 12. Geanimeerde modellen

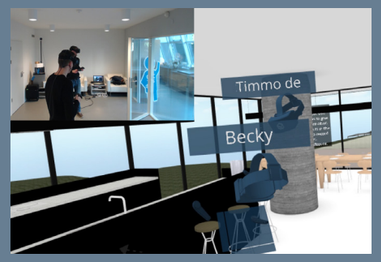
Figuur 13. Interactieve modellen (ESA, 2017)

Figuur 14. Mobiel VR-lab

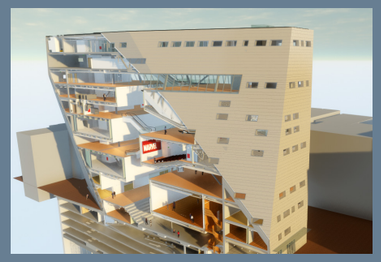

Figuur 15. Mockups



Figuur 16. Modelleren (Hanegraaf, 2017)

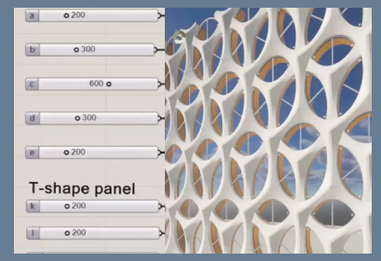


Figuur 17. Multi-user VR


Figuur 18. Project visualisatie

Figuur 19. Rondleidingen

Figuur 20. Serious Gaming (Desmond, 2006)



Figuur 21. Varianten studies

Figuur 22. Visuele controle

Index	Primaire waarde	Product	Toegepast door ABT	Omschrijving
1	Visualiseren	360 graden impressies	Ja	Virtuele statische impressie
2	Simuleren	Geanimeerde modellen	Ja	Project met een geanimeerd element.
3	Simuleren	Interactief model	Nee	Virtueel model waarin meedere vormen van interactie mogelijk is
4	Communiceren	(Mobiel) VR-lab	Ja	Een vast of mobiel lab waar VR toepassingen ingezet kunnen worden
5	Visualiseren	Mockups	Ja	Virtuele mockup, mogelijk met interactie
6	Visualiseren	Modelleren	Nee	Modelleren in een virtuele omgeving
7	Communiceren	Multi-user VR	Ja	Met meerdere gebruikers in een virtueel model
8	Visualiseren	Project visualisatie	Ja	Visueel weergeven van een project in VR.
9	Communiceren	Rondleidingen	Ja	Virtuele rondleiding in een model.
10	Simuleren	Serious Gaming	Nee	Simulatie van een scenario in virtual reality, bijvoorbeeld een BHV-training
11	Visualiseren	Varianten studies	Ja	Design opties in virtual reality
12	Visualiseren	Visuele controle	Nee	Model controle met behulp van virtual reality

Tabel 1. Toepassingen virtual reality

5. De waarde van VR

Voor dit hoofdstuk zijn een tweetal onderzoeken uitgevoerd: een kwalitatief en een kwantitatief onderzoek. De resultaten uit deze onderzoeken zijn geanalyseerd door middel van het coderen van de data. Resultaten uit deze analyse zijn opgenomen in dit hoofdstuk.

5.1 Enquête

Voor het kwantitatieve onderzoek is een enquête verspreid binnen de kennisgroepen van ABT; bouwkunde, bouwfysica, installaties, constructie, civiele techniek en bouwmanagement. Daarnaast is een enquête verspreid over het social media platform LinkedIn.

De volledige uitwerking van de beide enquêtes is opgenomen in *Bijlagen document, hoofdstuk 6*.

Interne enquête

Om de validiteit van het onderzoek te waarborgen is gekozen voor een betrouwbaarheidsniveau van 95% met een foutmarge van 10%. Om dit niveau te bereiken dient de steekproefomvang minimaal te bestaan uit 76 respondenten. Daarnaast is op basis van *literatuurstudie 2*, *Bijlagen document hoofdstuk 4*, een minimale respons-ratio van 20% vastgesteld.

De interne enquête is opgedeeld in vier verschillende onderdelen. In het eerste onderdeel is algemene informatie verzameld. Er staan vragen over de leeftijd en de kennisgroep waarbinnen de respondent werkzaam is. Verder zijn er algemene vragen gesteld over de kennis van VR en of de respondent iemand van de ABT VR groep persoonlijk kent. Deze laatste vraag is voor intern gebruik om te peilen hoe goed de zichtbaarheid is van deze VR groep.

Het tweede deel van de enquête gaat over de praktijk-toepassingen van VR. Dit deel gaat over welke toepassingen in de praktijk al zijn ingezet, en of het gebruik hiervan intern of extern is uitgevoerd.

In het derde deel is nagegaan of VR als waardevolle ontwikkeling wordt gezien. De daaropvolgende vraag is wat deze waarde is, en hoe deze mogelijk verbeterd zou kunnen worden.

In het laatste deel is gevraagd naar de toekomst van VR. Dit deel gaat over toekomstige toepassingen, en de stelling: 'VR is over vijf jaar niet meer weg te denken uit het ontwerpproces'.

Enquête extern

Deze enquête is extern verspreid via het social media platform: LinkedIn. Deze is door het projectteam en de bedrijfspagina van ABT gedeeld.

Het doel van deze enquête is om informatie te vergaren over de ervaring van externe bedrijven met VR, en wat voor toepassingen worden toegepast en voorzien. De opzet van deze enquête is vergelijkbaar met de interne variant.

Door het projeccteam is een minimum van 50 respondenten vastgesteld om de resultaten van deze enquête mee te kunnen nemen in het onderzoek.

Resultaten

Algemene informatie

- Iets minder dan de helft (44,1%) van de respondenten zit in de leeftijdscategorie *25-25 jaar*, de twee na grootste leeftijdscategorie (26,9%) is *36-45 jaar*.
- Het grootste deel van de respondenten is werkzaam in de kennisgroepen *constructie* (38,7%) en *bouwkunde* (29%).
- Het merendeel (85%) van de respondenten kent iemand van de ABT VR groep.
- Bijna alle respondenten (94%) heeft zelf al een keer VR ervaren.
- Iets meer dan de helft (55,2%) heeft VR *binnen ABT* ervaren, een groot aandeel (33,3%) van de respondenten heeft *zowel binnen als buiten ABT*, VR ervaren.

VR in de praktijk

- Alle (100%) respondenten weten wat virtual reality is
- Meer dan de helft (57%) heeft aan een project gewerkt waar VR is toegepast.
- Van de respondenten waar VR binnen een project is toegepast, was dit project merendeels (85%) binnen ABT.
- De respondenten hebben VR in totaal 169 keer toegepast, *visualisatie* (22%) is daarvan de meest gebruikte toepassing, daaropvolgende het *mobiele VR lab* (15%).

Waarde van VR

- Het merendeel (95%) van de respondenten ziet VR als een nuttige ontwikkeling voor het ontwerpproces. De overige (5%) ziet het niet als een nuttige ontwikkeling omdat er geen meerwaarde in gezien wordt.
- Een totaal van 466 meerwaardes zijn door de respondenten ingevuld. *Virtuele rondleiding* (17%) is de meest genoemde meerwaarde, daarop volgend *esthetische beoordeling* (15%).
- In totaal zijn door de respondenten 149 verbeterpunten genoemd, het meest genoemde (21%) is dat VR *toegankelijker* moet, daaropvolgend de *software* (13%) en *hardware* (10%)

VR in de toekomst

- Een groot deel (21%) van de respondenten benoemt het *inzichtelijk maken* als toepassing die zij voorzien binnen hun vakgebied, de daaropvolgende meest genoemde toepassingen zijn *simulaties* (11,8%) en *ontwerptool* (10,8%)
- Een kleine groep (15%) van de respondenten voorziet of weet geen toepassingen binnen hun vakgebied.
- De meest genoemde toepassing die voorzien worden voor andere vakgebieden zijn *simulaties* (9,7%), *visualisatie* (7,5%) en *clash controle* (6,5%)
- Iets meer dan een kwart (26%) van de respondenten voorziet of weet geen toepassing van VR voor andere vakgebieden
- Volgens meer dan de helft (57%) van de respondenten is het *waarschijnlijk* tot *zeer waarschijnlijk* dat VR niet meer weg te denken is uit het toekomstige ontwerpproces.

Conclusie enquête

Interne enquête

De vastgestelde minimale grensvoorwaarde voor een respons-ratio van 20% is behaald, deze bedraagt 25%. Met een steekproefomvang van 93 respondenten is hiermee ook het gewenste betrouwbaarheidsniveau van 95% behaald.

De respondenten staan positiever tegenover VR dan aanvankelijk gedacht werd. Uit de resultaten is geconcludeerd dat alle respondenten bekend zijn met VR, en hiervan ziet 95% het als een nuttige ontwikkeling in het ontwerpproces. Uit het onderzoek blijkt dat de meest genoemde verbeterpunten de *hardware*, *software* en de *toegankelijkheid* zijn.

Volgens 57% van de respondenten is het *waarschijnlijk* tot *zeer waarschijnlijk* dat VR niet meer weg te denken is uit het toekomstige ontwerpproces.

Uit het onderzoek is gesteld dat er een verschil is tussen de respondenten die VR als nuttige ontwikkeling in het ontwerpproces zien (95%), en het al toegepast hebben (57%). Hieruit is geconcludeerd dat medewerkers de kansen om VR toe te passen nog niet kunnen herkennen of benutten.

Met de open vragen werd van te voren verwacht tot nieuwe inzichten te komen voor nieuwe toepassingen, achteraf zijn geen nieuwe toepassingen door de respondenten voorzien. De genoemde producten zijn toepassingen die al reeds bestaan en toegepast worden. Geconcludeerd is dat de gebruiker meer de focus legt op de waarde van VR, dan de toepassing ervan. Om deze reden is de focus van het onderzoek bijgesteld richting de waarde.

In het kader van interne kennisdeling is een infographic gemaakt waarop de belangrijkste en opvallendste onderzoeksresultaten zijn weergegeven. Deze infographic is weergegeven op *figuur 23*.

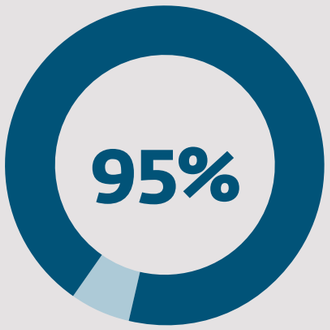
Enquête extern

De van te voren vastgestelde minimale grensvoorwaarde van een steekproefomvang van 50 respondenten is niet behaald. Om deze reden is door het projectteam gekozen om de resultaten buiten beschouwing van het onderzoek te laten.

Virtual reality bij ABT

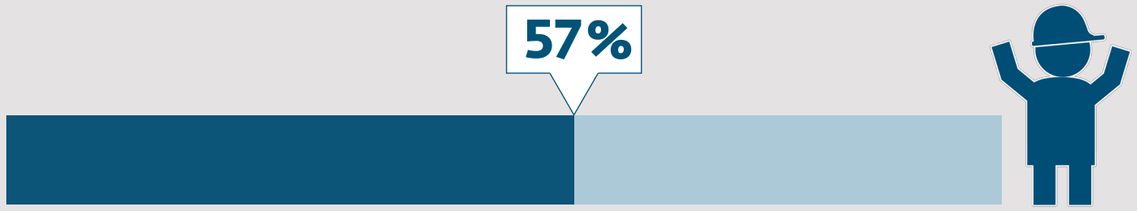
Onderstaande resultaten zijn afkomstig uit het onderzoek van de **93 respondenten binnen ABT**. De respondenten zijn werkzaam in verschillende kennisgroepen.

100% Van de respondenten **weet wat virtual reality is.**

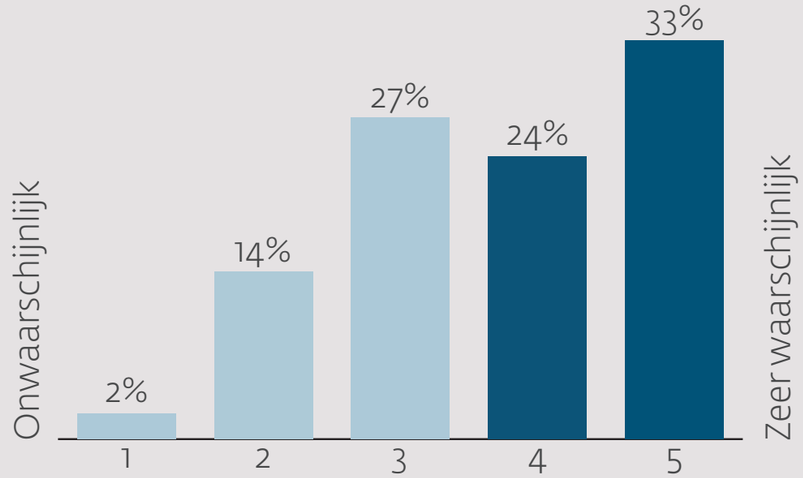


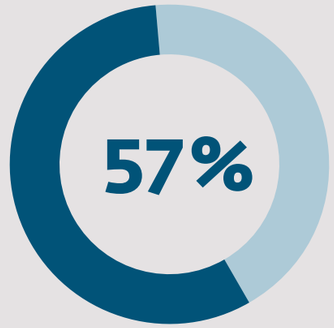
Meer dan **negen op tien** respondenten ziet virtual reality als een **nuttige ontwikkeling.**

Vrijwel **alle respondenten** heeft al een keer virtual reality **ervaren.**



Bij **meer dan de helft** is virtual reality al eens binnen een project **toegepast.**





Volgens **meer dan de helft** van de respondenten is het waarschijnlijk tot zeer waarschijnlijk dat virtual reality **niet meer weg te denken** is uit het toekomstige ontwerpproces.

Inzichtelijk maken, simulaties & ontwerp tool worden als **meest belangrijke waarde** gezien in het ontwerpproces.

R. Versloot
T. de Haas

abt / VR-lab

Figuur 23. Infographic interne enquête

5.2 Interviews

De belangrijkste resultaten van het kwalitatieve onderzoek zijn in deze paragraaf nader toegelicht. Voor dit onderzoek zijn interviews afgenomen bij respondenten die affiniteit met VR hebben binnen het ontwerpproces, en deze technologie voor verschillende doeleinden hebben toegepast.

Verdere achtergrondinformatie over de interviews is opgenomen in het *Bijlagen document, hoofdstuk* 5. Voor elk interview is een basis van vijf standaard vragen gebruikt om informatie over de volgende zeven thema's te vergaren:

- Bottleneck
- Diensten huidig
- Diensten toekomstig
- Ervaring negatief
- Ervaring positief
- Heeft het toekomst
- Meerwaarde

Per thema zijn de meest genoemde waardes in de resultaten opgenomen. Deze resultaten zijn gebruikt voor de conclusie vorming van de deelvragen.

Thema's

Bottleneck
Wat is momenteel de bottleneck van VR?

Met de bottleneck worden de factoren bedoeld die de toepassingen van VR in het ontwerpproces momenteel beperken.

Definitiebepaling
Wat is volgens jou de definitie van VR?

Bij de definitiebepaling zijn alle verwoordingen van VR die door de respondenten genoemd zijn opgenomen.

Diensten huidig
Wat zijn de huidige diensten waarbij gebruik is gemaakt van VR?

Onder dit thema vallen alle tot nu toe uitgevoerde diensten en producten waar VR een rol in heeft gespeeld.

Diensten toekomstig
Welke toekomstige diensten worden voorzien waarbij gebruik wordt gemaakt van VR?

Onder dit thema vallen diensten die nog niet zijn uitgewerkt, of die door de respondent worden gezien als toekomstige VR toepassingen.

Ervaring negatief
Wat zijn negatieve ervaringen met VR?

Onder ervaring negatief vallen alle negatieve ervaringen die genoemd zijn tijdens een interview. Dit kan van de respondent zijn, maar kan ook afkomstig zijn uit verhalen en ervaringen van bijvoorbeeld andere collega's.

Ervaring positief
Wat zijn positieve ervaringen met VR?

Onder ervaring positief vallen alle positieve ervaringen die genoemd zijn tijdens een interview. Dit kan van de respondent zijn, maar kan ook afkomstig zijn uit verhalen en ervaringen van bijvoorbeeld andere collega's.

Heeft het toekomst
Heeft VR toekomst in het ontwerpproces?

Aan dit thema zijn alle tekstfragmenten gekoppeld waaruit op te maken is of VR wel of geen toekomst heeft in het ontwerpproces.

Meerwaarde
Wat is de meerwaarde van VR in het ontwerpproces?

Onder dit thema vallen alle coderingen waaruit blijkt wat de meerwaarde van VR is, of waarom het is toegepast in een bepaald project.

Respondenten

ABT
ABT is de opdrachtgever van dit afstudeeronderzoek. Doordat een van de projectleden tijdens zijn stage heeft bijgedragen aan de implementatie van VR binnen het bedrijf is er in het projectteam al veel interne kennis over de ontwikkeling binnen ABT. Om deze kennis aan te vullen is er voor gekozen om een interview af te nemen bij een van de eerste ontwikkelaars op gebied van VR binnen ABT.

Cadac Group
Cadac is een software bedrijf, zij helpen de bouwwereld in Nederland te faciliteren op dit gebied. Dit doen zij door het geven van trainingen en workshops, verhuur en verkoop van software programma's en hun product Cadac Modules.

Er is contact opgenomen met J. Hardeveld, accountmanager bij Cadac. De reden hiervan is zijn bouwkundige achtergrond in combinatie met zijn ervaringen en werkzaamheden met VR.

EGM
EGM is een innovatief en kennisintensief architectenbureau. Het bedrijf is al meer dan 40 jaar actief in Nederland, en heeft een breed scala aan gebouwen opgeleverd voor zorg, overheid, onderwijs, onderzoek, maatschappij en bedrijfsleven.

Tijdens het interview met J. Hardeveld van Cadac Group is genoemd dat EGM ook verschillende testen heeft gedaan met VR en hierin verder heeft gekeken dan alleen het visualiseren van projecten. Ook bij ABT werd EGM genoemd tijdens een gesprek over potentieel te benaderen bedrijven. Dit was voor het projectteam de aanleiding om contact op te nemen met P. Tak, de ICT specialist die de technische uitwerking voor VR projecten verzorgd, en M. Schuil, de BIM specialist die direct bij de projecten betrokken is.

IrisVR
IrisVR is een software ontwikkelaar op het gebied van VR. Het is een Amerikaans bedrijf, gevestigd in New York. IrisVR is onder andere bezig met het product 'Prospect'. Dit is een Multi-User VR omgeving waarin een project ingeladen kan worden. Met deze tool is het onder andere mogelijk om met meerdere gebruikers door het model te lopen, aantekeningen te maken en maatvoering te plaatsen.

Nadat het product als bèta-versie getest is door het projectteam, is contact opgenomen met H. Demirev, medewerker bij IrisVR, om onder andere te vragen naar de geplande ontwikkelingen van het product.

Mecanoo
Mecanoo is een architectenbureau bestaande uit een multidisciplinair team afkomstig uit 25 verschillende landen. Het team bestaat uit architecten, ingenieurs, interieurarchitecten, stedenbouwkundige en landschapsarchitecten Mecanoo heeft onder andere wolkenkrabbers, scholen, theaters, bibliotheken, hotels en musea ontworpen.

Er is contact gezocht met architect J. Hanegraaf vanwege zijn project: Archispace. Dit is een programma waarmee het mogelijk is om in VR te ontwerpen. Op moment van het interview is Archispace nog in ontwikkeling en niet online beschikbaar.

More For You
More For You is een bouwkundig vastgoed adviesbureau dat zich bezighoud met consumentenonderzoeken, ruimtelijke 3D ontwerpen, BIM-modelleren, visualiseren en het in beeld brengen van bouwkosten. More For You is onder andere actief in de woningbouw, zorgvastgoed en bedrijfshuisvesting.

De aanleiding om contact op te nemen is ontstaan doordat een van de projectleden er in 2015 stage heeft gelopen.
Tijdens deze stage was More For You al veel bezig met ontwikkelingen op gebied van BIM en 3D, ook werd er al over VR gesproken.

VR-lab Nijmegen
Het VR-lab Nijmegen dient als kenniscentrum op het gebied van VR, het biedt een gezamenlijke werkomgeving voor VR professionals. Zo Kunnen VR ontwikkelaars/experts een werkplek huren met de bijbehorende faciliteiten. Het VR-Lab helpt bedrijven met het maken van VR, AR en MR oplossingen, de focus hiervan ligt op de toegepaste VR.

Er is contact gezocht met T. van Teeffelen, medeoprichter van het VR-lab Nijmegen. De reden hiervan is zijn bouwkundige achtergrond in combinatie met zijn ervaringen en werkzaamheden met virtual reality.

VR-lab Twente
Het VR-lab Twente is onderdeel van de Universiteit van Twente. Het lab is een hightech omgeving welke gebruikt wordt om een diverse groep van belanghebbenden te ondersteunen in het besluitvormingsproces. Vragen komen uit sectoren als Defensie, zorg, productdesign en ook bouwkunde.

Via contacten binnen ABT is het projectteam op de hoogte gesteld van het Lab, en over het brede scala waarop er nieuwe technologieën worden toegepast om mensen te ondersteunen in hun proces. Dit was een reden om contact op te nemen met R. Damgrave, die zijn PhD heeft behaald met zijn onderzoek naar het gebruik van VR tijdens product ontwikkeling.

Resultaten

Bottleneck

Uit het kwalitatieve onderzoek is gesteld dat de meest genoemde bottlenecks van VR momenteel de *incompetente hard- en software* en het *gebruiksongemak* zijn. Daarnaast is geconcludeerd dat de *incompetente hard-* en *software* vaak gerelateerd zijn aan elkaar.

Tijdens de interviews is onder andere het volgende gezegd over de bottleneck van VR:

"Vooral nu de computational kracht [...] van de computer." (Hanegraaf, 2018, p. 48)

"Op dit moment is dat vaak de onbekendheid met de systemen." (Hardeveld, 2018, p. 105)

- Incompetente hardware

Tijdens de interviews is de incompetente hardware vaak ter sprake gekomen, en deze wordt als een van de grootste bottlenecks van VR gezien. Voorbeelden die hierbij genoemd worden is dat de hardware nog te groot is, waardoor het meenemen van de technologie naar een locatie onhandig is. De HMD is te lomp en valt te veel op. Door dit gebruiksongemak wordt de bril vaak liever niet opgezet bij het eerste gebruik.

- Incompetente software

Zowel door onervaren als ervaren gebruikers wordt de software waarmee nu gewerkt wordt als een grote bottleneck ervaren. Ervaren gebruikers geven aan dat er al wel softwarepakketten zijn die goed werken, maar dat deze te statisch zijn, waardoor weinig mogelijkheden tot aanpassen van het model zijn. Aan de andere kant zijn er de game-engines, dit is software waarin meer opties beschikbaar zijn, bijvoorbeeld de toepassing *geanimeerde modellen*. Respondenten geven aan dat daarentegen wel veel tijd geïnvesteerd moet worden in deze game-engines, wil er een goed werkend product uit komen. Ook het bi-directioneel vertalen van data tussen de verschillende software zorgt vaak voor veel informatie verlies. Voor onervaren gebruikers is de software vaak nog te ingewikkeld en afwijkend van herkenbare technologieën om intuïtief te kunnen gebruiken

- Gebruiksongemak

In de vorige generaties van VR hardware kwam het vaker voor dat gebruikers misselijk werden van de ervaring. Met de meest recente hardware is dit ongemak volgens de respondenten gereduceerd, maar de perceptie van deze misselijkheid is nog steeds aanwezig. Een bijkomend nadeel is dat de bril lomp en opvallend is, wat een van de redenen is dat er vaak terughoudendheid is bij het opzetten van een HMD.

Diensten huidig

Uit het kwalitatieve onderzoek is gesteld dat de meest voorkomende diensten waarbij VR momenteel wordt ingezet bestaan uit: *visualiseren*, *communiceren* en *simuleren*.

Specifieke diensten zijn toegelicht in *Hoofdstuk 4.5 VR in de praktijk*. Tijdens de interviews is onder andere het volgende gezegd over de huidige diensten van VR:

"Wat wij een keer gedaan hebben als pilot project is inderdaad een BHV simulator." (Tak, 2018, p. 136)

"Al in het tweede jaar was hier al een project voor het visualiseren van een gebouw voor een risicoanalyse." (Damgrave, 2018, p. 180)

"Omdat het virtual reality is maakt het toch niet uit, dan mag je alles laten gebeuren wat er zou kunnen gebeuren." (Hardeveld, 2018, p. 107)

- Visualisatie

De meest voorkomende toepassing van VR is het visualiseren van data. Door alle respondenten is deze toepassing breed ingezet, van massastudies tot compleet uitgewerkte projecten.

Volgens de respondenten is het grote voordeel dat projecten op een werkelijke schaal gevisualiseerd kunnen worden, waardoor data als duidelijk en inzichtelijk wordt ervaren.

- Communiceren

Door VR als communicatiemiddel te gebruiken is het mogelijk om, onafhankelijk van de onderlinge locatie, in één model te kunnen vergaderen. Door de directe vorm van communicatie kan er duidelijk naar onderdelen in het model gewezen worden. Volgens de respondenten wordt hierdoor de communicatie tussen de klant en opdrachtgever versterkt.

- Simulaties

De simulaties worden vaak genoemd als toepassing van VR. Net als visualisatie is dit een overkoepelende naam voor meerdere toepassingen, zoals serious gaming, interactieve modellen en virtueel modelleren. Een simulatie wordt vaak gebruikt om complexe bewegingen of situaties in een gecontroleerde omgeving te testen. Een voorbeeld hiervan is een BHV-cursus, welke in een digitale versie van een nog te realiseren project uitgevoerd kan worden.

Diensten toekomstig

Uit het kwalitatieve onderzoek is gesteld dat de toekomstige diensten gelijk staan aan de huidige diensten.

Door de respondenten worden geen nieuwe diensten verwacht, maar een doorontwikkeling op de bestaande diensten, waardoor de waarde ervan in de toekomst zal toenemen.

Deze ontwikkeling is volgens de respondenten afhankelijk van een aantal factoren. Deze worden, in *hoofdstuk 6. de toekomst van VR*, nader toegelicht. Veel genoemde waardes waarvan verwacht wordt dat deze verder doorontwikkeld zullen worden zijn: de *interactie*, *VR-cloud* en *multi-user VR*.

Tijdens de interviews is onder andere het volgende gezegd over de toekomstige diensten van VR:

"En de max is dat jij door een ruimte loopt en die ziet er zo uit, je kan de rolstoel opzij zetten, je kan de wanden veranderen, je kunt de deuren openen, je kan de lichten aan en uit zetten." (Tak, 2018, p. 135)

"AR en VR wordt dan vaak de interface om iets te kunnen zien wat er nog niet echt is, maar wat je wel zou willen zien, hoe het eruit zou kunnen gaan zien." (Damgrave, 2018, p. 190)

- Interactie

In de toekomst wordt een hogere mate van interactie met het virtuele model verwacht. Simulaties kunnen onderdeel zijn van deze interactie.

- VR-cloud & Multi-user VR

Door de respondenten wordt verwacht dat er gebruik gemaakt gaat worden van VR-cloud. Dit zal een platform zijn waarop het VR model altijd voor alle betrokkenen beschikbaar is. Hierdoor is het mogelijk om met meerdere gebruikers tegelijk in hetzelfde VR model actief te zijn, en hier wijzigingen en opmerkingen in te plaatsen.

Ervaring negatief

Uit het kwalitatieve onderzoek kan gesteld worden dat de negatieve ervaringen van VR momenteel bestaan uit: *incompetente hard- en software* en het *gebruiksongemak*.

Deze waardes zijn direct gerelateerd aan een bottleneck. Bijvoorbeeld: een negatieve ervaring kan ontstaan doordat misselijkheid wordt ervaren, wat veroorzaakt wordt door de bottleneck *incompetente hardware*.

Tijdens de interviews is onder andere het volgende gezegd over de negatieve ervaring van VR:

"Het moet allemaal nog bedacht worden. [...] met VR en AR is nog niet echt een standaard van zo moet je het doen." (van Teeffelen, 2018, p. 66)

"Dat is ook de algemene perceptie van VR geworden: je wordt er gewoon misselijk van." (Bijsterbosch, 2018, p. 214)

Ervaring positief

Uit het kwalitatieve onderzoek kan gesteld worden dat de meest positieve ervaringen van VR momenteel voortkomen uit: het *visualiseren*, *communiceren* en het *gebruiksgemak*.

De *ervaring* wordt momenteel als de grootste waarde van VR gezien. Dit komt door de nieuwigheid van VR waardoor het goed inzetbaar is als marketingtool. Verwacht wordt dat de ervaring minder zal worden bij meermalig gebruik. Respondenten benadrukken dat VR meer moet zijn dan alleen een ervaring voordat het functioneel ingezet kan worden in het ontwerpproces. Om deze reden is *ervaring* niet meegenomen als belangrijkste positieve waarde.

Tijdens de interviews wordt onder andere het volgende gezegd over de positieve ervaringen van VR:

"En dat het niet alleen een gimmick [ervaring] is, maar dat je er ook echt iets mee kan doen." (Hanegraaf, 2018, p. 46)

"Het meeste wat me aansprak was eigenlijk dat je juist informatie op een net iets andere manier kan weergeven zodat mensen het wel snappen." (Damgrave, 2018, p. 182)

Heeft het toekomst
Door alle respondenten wordt verwacht dat VR toekomst heeft in het ontwerpproces. Er is echter geen consensus over wanneer de techniek volledig geïntegreerd zal zijn, of in welke mate dit bestaande werkzaamheden gaat vervangen of verbeteren. Zo is genoemd dat projecten in de bouw vaak langer kunnen duren dan vijf jaar, waardoor het niet reëel is om te verwachten dat in deze periode het ontwerpproces gewijzigd kan worden. Door andere respondenten wordt wel verwacht dat nieuwere generaties de techniek sneller zullen accepteren en zelfs zullen eisen.

Tijdens de interviews is onder andere het volgende gezegd over de toekomstige diensten van VR:

"Ik denk dat over 5 jaar het gewoon gemeengoed is, dat wat we nu doen gewoon normaal is en ook bij kleine bureaus."
(Hanegraaf, 2018, p. 50)

"Zolang VR nog echt wordt gepusht als iets bijzonders, bereik je er minder mee [...] je moet eerst heropvoeden van; het is veel meer dan je denkt, je kunt er veel meer mee." (Damgrave, 2018, p. 186)

"Dus die nieuwe generatie die eraan komt, die gaat dit ook steeds meer omarmen, en gebruiken, en eisen."
(Tak, 2018, p. 138)

"Het gebruiken moet het logisch zijn. Onderdeel van, dus geen special item meer."
(Damgrave, 2018, p. 185)

"Nee. De bouw is heel conservatief. Ik denk dat het over 5 jaar nog prima zonder gaat, maar afhankelijk van hoe je het inzet heeft het heel veel toegevoegde waarde." (Bijsterbosch, 2018, p. 216)

Ja, het heeft wel toekomst
Er is voorzien dat VR in de toekomst niet meer weg te denken is, en geïntegreerd zal zijn in het ontwerpproces. De hardware en de software zullen zodanig verder ontwikkeld zijn dat deze wel competent en gebruiksvriendelijk zijn.

Nee, het heeft geen toekomst
VR zal niet in ieder bedrijf, of in elke fase van het ontwerpproces toegepast worden. Zo wordt niet gedacht dat in de toekomst in VR gemodelleerd zal gaan worden.

Daarnaast is er een merkbaar verschil tussen mensen die al langer werkzaam zijn in hun vakgebied, en de mensen die net werkzaam zijn. De eerste groep is gewend om op een bepaalde manier te werken, waardoor de nieuwe technologie moeilijker te implementeren is in het bestaande proces.

Meerwaarde
Uit het kwalitatieve onderzoek kan gesteld worden dat de meest genoemde meerwaardes van VR het *visualiseren*, *communiceren*, *simuleren* en het *inzichtelijk maken*, zijn.

Tijdens de interviews wordt onder andere het volgende gezegd over de meerwaarde van VR:

"Het één op één testen, zien is geloven." (Hanegraaf, 2018, p. 47)

"visualiseren met echt werkelijke maten, echte omgevingen. Daar is virtual reality gewoon ver uit veel beter in dan andere technologieën." (van Hardeveld, 2018, p. 104)

"Het is gewoon zo veel duidelijker, je snapt gewoon waar je het over hebt." (van Teeffelen, 2018, p. 69)

- Inzichtelijk

Uit het onderzoek is gesteld dat het gebruik van VR de inzichtelijkheid voor de gebruiker verhoogd. De virtuele omgeving kan schaal één op één ervaren worden. Doordat het mogelijk is om de informatie van een complexe bouwtekening in een VR omgeving te plaatsen, wordt de mate inzichtelijkheid, met name voor een gebruiker zonder bouwkundige kennis, verhoogd.

Conclusie interview

De genoemde positieve waardes uit de thema's: *diensten huidig*, *ervaring positief* en *meerwaarde* kunnen verdeeld worden in drie overkoepelende waardes, namelijk:
- Visualiseren
- Communiceren
- Simuleren

Zoals geconcludeerd is in *heeft het toekomst* wordt door de respondenten verwacht dat VR toekomst heeft in het ontwerpproces. Over wanneer de techniek volledig geïntegreerd zal zijn, of in welke mate dit bestaande werkzaamheden gaat vervangen of verbeteren,
bestaat geen consensus.

Uit de thema's: *bottleneck*, *diensten toekomstig* en *ervaring negatief* kan geconcludeerd worden dat overkoepelende factoren, om de waardes van VR te kunnen verbeteren, als volgt zijn:
- Software
- Hardware
- Gebruiker

[Deze pagina is opzettelijk leeg gelaten]

6. De toekomst van VR

Voor het vormen van een conclusie over de toekomst van VR in het ontwerpproces is een scenario-analyse uitgevoerd. Deze scenario's zijn tot stand gekomen door het opstellen van twee variabelen, die in elk scenario in een extreem negatieve en/of positieve waarde voorkomen. Vervolgens zijn deze scenario's beoordeeld naar mate van waarschijnlijkheid van uitkomen door middel van de Delphi methode en een tweetal trendanalyses.

6.1 Variabelen

De variabelen zijn gekozen op mate van invloed die deze hebben op het toekomstige gebruik van VR in het ontwerpproces.

De variabelen zijn herleid uit het kwalitatieve onderzoek in *hoofdstuk 5. De waarde van VR*, waaruit geconcludeerd is dat volgens de respondenten een drietal factoren voor de meeste onzekerheden zorgen:

- Hardware
- Software
- Gebruiker

Deze factoren blijken ook uit de bachelorscriptie X-reality van belang voor de ontwikkeling van VR: *"De beperkingen op het gebied van zowel Virtual Reality [...] vallen binnen de factoren hardware, software, mens en financiën."* (Groesen & Steen, 2017, p. 62).

Met deze drie bepalende factoren zijn de twee belangrijkste variabelen voor het opzetten van de scenario's bepaald:

- Variabele 1: Ontwikkeling

De eerste variabele is de ontwikkeling op het gebied van hard- & software. Uit het kwalitatieve onderzoek is geconcludeerd dat deze twee factoren gerelateerd zijn aan elkaar, en tot dezelfde groep onzekerheden behoren. Hoe VR zich gaat ontwikkelen is voornamelijk afhankelijk van deze factoren.

- Variabele 2: Gebruiker

De tweede variabele die bepalend is voor de toekomst van VR is de gebruiker. Uit het kwalitatieve onderzoek is geconcludeerd dat het afhankelijk van de gebruiker is in hoeverre VR geïntegreerd gaat worden in het ontwerpproces. In deze scenario-analyse is ABT de gebruiker, zij passen de producten toe, en leveren deze als dienst aan opdrachtgevers en gebruikers.

6.2 Scenario's

Met de twee variabelen: *ontwikkeling* en *gebruikers* zijn een viertal scenario's opgesteld, waarbij het per scenario verschilt of een variabele een extreem positieve of extreem negatieve waarde heeft.

Scenario 1:
Ontwikkeling extreem positief, gebruiker extreem negatief.
Scenario 2:
Ontwikkeling en gebruiker extreem positief.
Scenario 3:
Ontwikkeling en gebruiker extreem negatief.
Scenario 4:
Ontwikkeling extreem negatief, gebruiker extreem positief.

Ontwikkeling

Extreem positief

Extreem negatief

Scenario 1

De ontwikkeling is doorgezet, maar heeft geen plek binnen het ontwerpproces.

De nieuwste ontwikkelingen van VR hebben de gebruiksongemakken weggenomen, zo is de HMD compacter en heeft het een hogere resolutie. Daarnaast werkt het systeem volledig draadloos waardoor het eenvoudig is om mee te nemen en om in te stellen. De software is laagdrempelig en toegankelijk. Data kan live bi-directioneel doorgestuurd worden, waardoor een hoge mate van interactie mogelijk is.

Echter, de tool wordt niet meer ingezet in het ontwerpproces. De gebruiker is óf niet bereidt, óf niet in staat om zijn huidige manier van werken te veranderen door gebruik te maken van deze technologie. Tijdens de pilot fase bleef VR gezien worden als 'iets speciaals', waardoor de gebruiker al weer snel afweek naar de traditionele werkplek met twee schermen en een laptop.

Doordat het voor klanten en opdrachtgevers nooit duidelijk is geworden wat de meerwaarde van VR zou kunnen zijn, wordt er ook van die kant niet meer naar gevraagd.

Scenario 2

VR onmisbaar in het ontwerpproces.

VR wordt dagelijks als hulpmiddel gebruikt ter ondersteuning in het ontwerpproces. Al vroeg in het proces wordt tijdens de projectdefinitie gebruik gemaakt van VR om het programma van eisen visueel te definiëren. Tijdens het schetsontwerp worden er massastudies gedaan in VR, waardoor de omvang van het project meteen duidelijk wordt. De data uit deze studies wordt vervolgens direct gekoppeld en gebruikt voor het opzetten van het schetsontwerp. Dit ontwerp wordt met de betrokkenen door middel van VR gecommuniceerd. Hierdoor kunnen zij in een vroeg stadium van het project al controleren of het project aan de wensen voldoet. Er wordt een sessie georganiseerd waarin gebruikers feedback kunnen geven op het ontwerp, en kunnen controleren of het aan de bruikbaarheid voldoet. Aan de hand van de feedback, welke in het VR model geplaatst is, wordt het definitieve ontwerp gemaakt.

Tijdens het technische ontwerp wordt het model gereed gemaakt voor de uitvoeringsfase, en wordt door middel van een multi-user VR omgeving gecommuniceerd met de aannemer, leveranciers en derden die direct in het VR model hun eigen elementen kunnen plaatsen.

Scenario 3

VR staat als reliek tussen de typemachine en de klapmobiel.

Ondanks dat bedrijven hebben geïnvesteerd in VR, werd al snel gezien dat deze technologie niet veel meer te bieden had. Bedrijven zijn gestopt met de ontwikkeling op het gebied van VR.

De technologie is achterhaald, er wordt geïnvesteerd in nieuwe, veelbelovende virtuele technologieën. Ook de gebruiker is gestopt met het gebruiken van VR, het wordt niet meer toegepast in het ontwerpproces.

De technologie wordt beschouwd als iets uit het verleden.

Scenario 4

VR wordt volop toegepast, maar de systemen zijn achterhaald.

VR wordt veel gebruikt, maar services als de Multi-user VR worden niet meer aangeboden. Doordat ontwikkelaars in zijn gaan zetten op AR en MR is VR achtergebleven. De ingenieur- en architectenbureaus zien VR nog steeds als een zeer nuttig hulpmiddel in het ontwerpproces om mee te visualiseren en communiceren. Echter, de software die ontwikkeld is voor VR wordt vaak niet meer ondersteund door nieuwere versies van andere softwarepakketten, waardoor bi-directionele vertaling van de data steeds moeizamer gaat. Nieuwe toepassingen worden door bureaus intern ontwikkeld en kosten veel tijd om te realiseren.

Extreem negatief — Gebruiker — Extreem positief

6.3 Analyse

In deze paragraaf staan de belangrijkste resultaten van de onderzoeken die zijn uitgevoerd. Deze zijn uitgevoerd om de vier beschreven scenario's in te delen naar mate van waarschijnlijkheid van uitkomen . De onderzoeken bestaan uit het analyseren van de interviews en enquête volgens de Delphi-methode, en een trendanalyse van de trends die betrekking hebben op de variabelen. Verdere achtergrondinformatie met betrekking tot de trendanalyse is opgenomen in *Bijlagen document, Hoofdstuk 8.*

Analyse Interviews - Delphi methode

Tijdens het kwalitatieve onderzoek is de vraag: "*Is VR over vijf jaar niet meer weg te denken uit het ontwerpproces?*" voorgelegd aan de respondenten. Door de analyses die gemaakt zijn in *hoofdstuk 5. De waarde van VR* is tot een consensus over dit onderwerp gekomen.

Alle respondenten zijn het eens betreft de toekomst van VR, namelijk dat het wel toekomst heeft in het ontwerpproces. Over de termijn van de implementatie van deze technologie is meer onenigheid, gesteld is dat vijf jaar een te korte termijn is om te verwachten dat VR volledig geïmplementeerd zal zijn in het ontwerpproces.

Betreffende toekomstige diensten worden geen nieuwe toepassingen verwacht, maar verbeteringen van de bestaande diensten.

Daarnaast is de vraag: "*Wat is de meest beperkende factor van VR?*" voorgelegd aan de respondenten. Uit de analyse is gesteld dat de bottleneck *hardware* zich het snelst zal gaan ontwikkelen, daaropvolgend *software* en als laatst de *gebruiker*.

Als laatst is gesteld dat de virtuele technologieën VR, AR en MR allen hun eigen positieve waardes hebben voor het ontwerpproces.

Analyse Enquête - Delphi methode

Tijdens het kwantitatieve onderzoek is eveneens de stelling: "*VR is over vijf jaar niet meer weg te denken uit het ontwerpproces*" voorgelegd aan de respondenten. Dit is een gesloten vraag waarbij de respondent keuze heeft uit de getallen 1 t/m 5. Waarin het getal 1 de waarde *zeer onwaarschijnlijk* representeert, en 5 *zeer waarschijnlijk*.

Het resultaat van deze vraag is dat 57% van de respondenten het waarschijnlijk (24%) tot zeer waarschijnlijk (33%) acht dat VR over vijf jaar niet meer weg te denken is uit het toekomstige ontwerpproces.

Op basis van de resultaten uit de vraag: "*Zie jij VR als een nuttige ontwikkeling?*" blijkt dat 95% van de respondenten VR als een nuttige ontwikkeling ziet.

Analyse Gebruiker - Trend

Om een trend te herleiden over het gebruik van VR binnen ABT, is onderzoek uitgevoerd naar een tweetal onderwerpen: interne ontwikkelingen en projecten waarvoor VR is ingezet.

- Interne ontwikkelingen:
  Onder dit thema vallen alle gebeurtenissen op het gebied van VR, zoals bijvoorbeeld het aanschaffen van nieuwe VR systemen.

- Projecten waarvoor VR is ingezet:
  Tot dit thema behoren alle projecten waarin VR is toegepast tijdens het ontwerpproces.

In *figuur 24* is een tijdlijn weergegeven met daarin de meest belangrijke gebeurtenissen op het gebied van de interne ontwikkelingen en projecten binnen ABT. In *figuur 26 en 27* zijn grafieken van deze trend weergegeven.

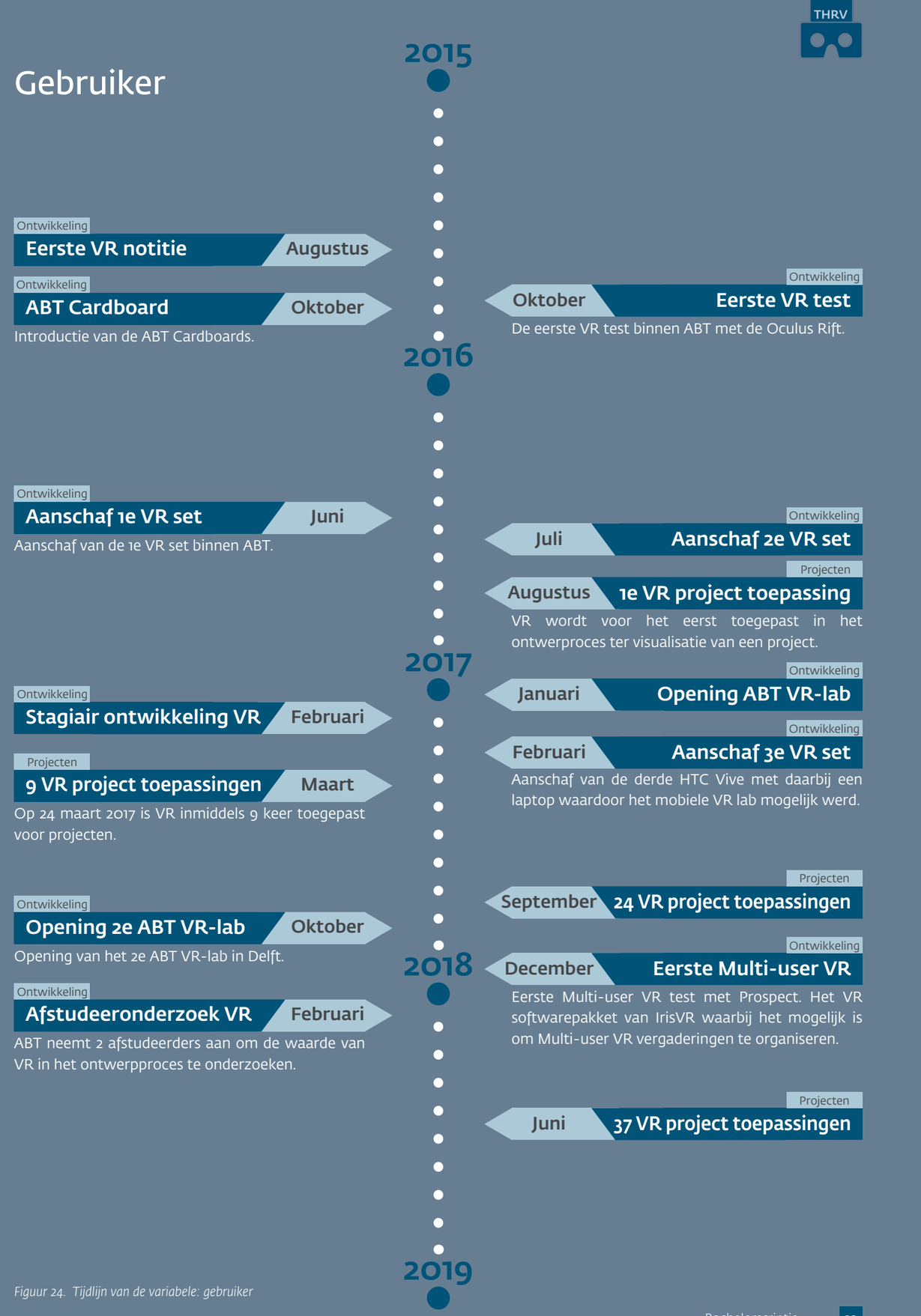
Analyse Ontwikkeling - Trend

In deze analyse is onderzoek gedaan naar de hardware en de software van VR. Hierin is geselecteerd op gebeurtenissen welke bepalend zijn voor de variabele ontwikkeling.

- Hardware:
  Tot dit thema behoren alle gebeurtenissen met betrekking tot de ontwikkeling van hardware.

- Software:
  Tot dit thema behoren alle gebeurtenissen met betrekking tot het uitbrengen van VR software.

In *figuur 25* is een tijdlijn weergegeven met daarin de meest belangrijke gebeurtenissen op gebied van de ontwikkelingen van de hard- en software. In *figuur 28 en 29* zijn de grafieken van deze trend weergegeven.



Figuur 24. Tijdlijn van de variabele: gebruiker

Ontwikkeling

2013

Hardware
Maart — Oculus Rift DK1
Oculus brengt haar eerste VR set op de markt, de Oculus Rift Developers Kit (DK) 1. Hierdoor is het voor ontwikkelaars mogelijk hun projecten te integreren met VR.

2014

Software
SteamVR Beta — Januari
SteamVR Beta wordt uitgebracht, het eerste VR platform voor consumenten en ontwikkelaars.

Hardware
Google Cardboards — Juni
Met de release van de Google Cardboards is het mogelijk om op een toegankelijke en goedkope manier VR te ervaren door middel van smartphones.

Hardware
Maart — Facebook koopt Oculus
Facebook koopt Oculus Rift voor 2 miljard dollar. Kort daarna brengt het bedrijf de Oculus Rift DK2 uit.

2015

Software
UE4 support HTC Vive — April
Het softwarepakket voor games, Unreal Engine 4, ondersteund nu de HTC Vive systemen.

Software
Enscape ondersteund VR — September
Het render programma Enscape brengt de eerste versie uit waarin VR ondersteund wordt.

Hardware
April — Developer HTC Vive
HTC brengt de HTC Vive voor ontwikkelaars uit. Het VR systeem is ontwikkeld in een samenwerking tussen HTC en software ontwikkelaar Valve.

2016

Hardware
Consumer HTC Vive — April
HTC brengt voor de Vive uit voor consumenten, dit is het eerste VR systeem dat gebruik maakt van room-scale technologie.

Hardware
Januari — Oculus Rift CV1
Oculus Rift brengt de Consumer Version (CV) 1 uit. Dit is het eerste VR systeem dat toegankelijk is voor de consument.

Hardware
Google Daydream — November
Met het uitbrengen van het Daydream project maakt Google een platform voor mobiele VR.

2017

Hardware
December — Oculus Touch
In december brengt Oculus de Touch uit, het room-scale systeem voor de Oculus Rift, waardoor de gebruiker niet meer beperkt is tot alleen couch VR.

Hardware
Pimax 8K Project — September
Pimax start met het project om een 8K resolutie HMD te realiseren. Hiermee wordt de beelkwaliteit verdrievoudigd ten opzichten van voorgaande HMDs.

2018

Software
November — Multi-User VR
IrisVR en InsiteVR brengen hun Multi-User VR diensten uit.

Hardware
HTC Vive Pro — April
HTC brent de Vive Pro op de markt, dit is de opvolger van de Vive.

Software
Juni — Archispace Beta
Geplande datum voor het uitbrengen van Archispace, een VR modelleer tool ontwikkeld door J. Hanegraaf. *(Zie hoofdstuk 4.5. VR in de praktijk)*

2019

Figuur 25. Tijdlijn van de variabele: ontwikkeling

Conclusie Delphi-methode
Op basis van de analyses uit het kwalitatieve en kwantitatieve onderzoek is het volgende geconcludeerd:

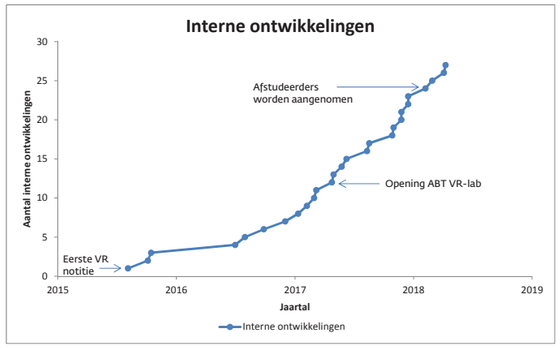
- VR zal over vijf jaar meer toegepast worden, maar het is nog een te korte termijn voor een volledige integratie of aanpassing in het ontwerpproces.
- Beide variabelen worden doorontwikkeld, de variabele *ontwikkeling* zal zich sneller ontwikkelen dan de variabele *gebruiker*.
- De gebruiker heeft een positief beeld over het gebruik van VR binnen het ontwerpproces en wil dit graag toepassen.

Conclusie Trendanalyse
Op basis van de trendanalyses is het volgende geconcludeerd:

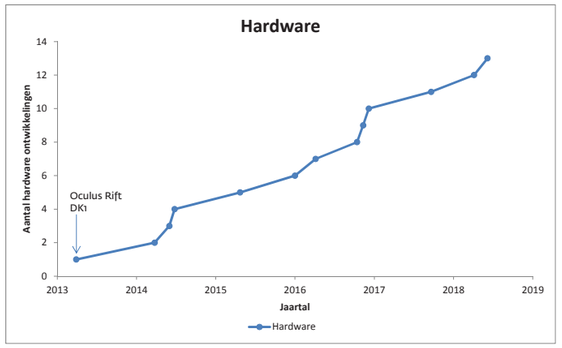
De gebruiker is halverwege 2015 begonnen met de VR ontwikkelingen. Sinds de aanschaf van de eerste VR set (juni 2016) is een positieve trend in het aantal ontwikkelingen waarneembaar. Sinds de opening van het VR-lab (januari 2017) is de frequentie waarin nieuwe VR ontwikkelingen plaatsvinden toegenomen. Recente ontwikkelingen als het aannemen van twee afstudeerders op gebied van VR (februari 2018), wijzen op een doorzetting van deze positieve trend. Resultaten uit dit onderzoek zijn weergegeven in *figuur 26*.
De ontwikkelingen van VR zijn voorafgaand aan de projecten waarbij gebruik is gemaakt van VR. Dit heeft te maken met het vooronderzoek en de aanschaf van hardware om VR ook daadwerkelijk in projecten toe te kunnen passen. Eind 2016 is daarom het eerste tijdstip waarin VR in een project is ingezet. Sindsdien is een positieve trend in de grafiek (*figuur 27*) waarneembaar, hierin zijn slechts korte intervallen tussen de projecten zichtbaar.

Voor de meting van de hardware zijn de meest relevante hardware producten in beschouwing genomen. De eerste meting is van maart 2013, in deze maand bracht Oculus haar eerste VR systeem uit. De meting is hier begonnen omdat het vanaf dit moment voor consumenten mogelijk werd om een VR systeem aan te schaffen. Na deze eerste release is waarneembaar dat uit het aantal producten die jaarlijks op de markt komen consistent blijft, zie *figuur 28*.

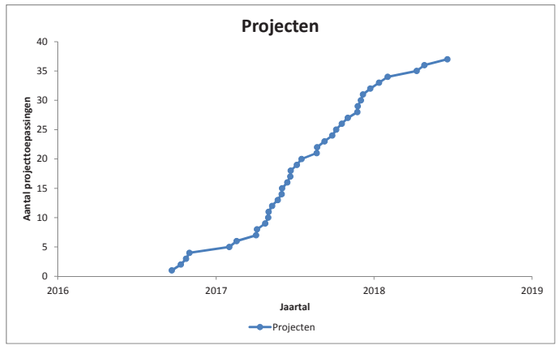
Voor de meting van de software zijn de meest relevante softwareproducenten voor het toepassen van VR in het ontwerpproces onderzocht. Uit het onderzoek is geconcludeerd dat een aantal grote spelers, als InsiteVR en IrisVR, bijna gelijktijdig zijn opgericht met het uitbrengen van de Oculus Rift DK1. Sindsdien worden er consistent nieuwe updates op de markt gebracht om VR toegankelijker te maken. Resultaten uit dit onderzoek zijn weergegeven in *figuur 29*.



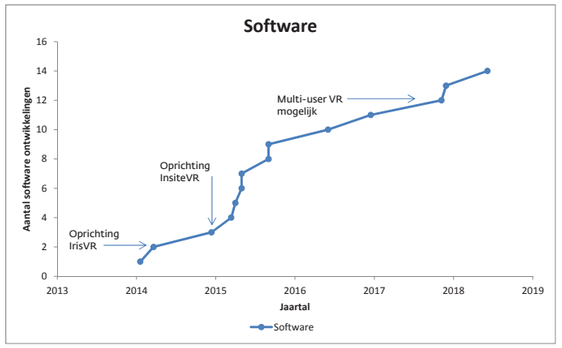
Figuur 26. Grafiek aantal interne ontwikkelingen



Figuur 28. Grafiek aantal hardware ontwikkelingen



Figuur 27. Grafiek aantal projecten



Figuur 29. Grafiek aantal software ontwikkelingen

6.4 Conclusie

Op basis van de resultaten uit het onderzoek zijn de scenario's ingedeeld naar mate van waarschijnlijkheid van uitkomen. Onderstaand zijn de scenario's onderbouwd, waarbij het eerst genoemde scenario het meest waarschijnlijk is, en de laatst genoemde het minst waarschijnlijk.

Scenario 2. Ontwikkeling en gebruiker extreem positief
Op basis van de resultaten uit het onderzoek heeft scenario 2 de meeste waarschijnlijkheid van uitkomen. Dit is herleidbaar uit de positieve trend van de variabelen *ontwikkeling* en *gebruiker*.

Uit het Delphi onderzoek is op te maken dat de gebruikers positief staan tegenover het gebruik van VR. Meer dan de helft (57%) ziet het als waarschijnlijk tot zeer waarschijnlijk dat VR over vijf jaar niet meer weg te denken is uit het ontwerpproces. Het merendeel (95%) van de gebruikers ziet VR als een nuttige ontwikkeling voor het ontwerpproces. Uit de trendanalyse is een consistente toepassing van VR in projecten waarneembaar.

De resultaten uit de trendanalyse duiden eveneens op een positieve trend betreft de ontwikkeling, hieruit is een consistente ontwikkeling van de hard- en software waarneembaar.

Scenario 1. Ontwikkeling extreem positief, gebruiker extreem negatief
Scenario 1 heeft als tweede de meest hoogste kans van uitkomen.

Uit het onderzoek is gesteld dat de hard- en software op het gebied van VR zich door zal blijven ontwikkelen. Sinds de release van de Oculus DK1 is een consistente trend van ontwikkelingen waarneembaar. De resultaten uit het kwalitatieve onderzoek duiden eveneens op een positieve trend qua ontwikkeling.

Ondanks dat de resultaten erop duiden dat de gebruikers positief staan tegenover het gebruik van VR, blijkt ook dat verwacht wordt dat VR over vijf jaar nog niet volledig geïntegreerd zal zijn in het ontwerpproces. Uit het kwalitatieve onderzoek is gesteld dat de gebruiker zelf een bottleneck is, zo wil en/of kan de gebruiker niet altijd zijn manier van werken aanpassen.

Scenario 4. Ontwikkeling extreem negatief, gebruiker extreem positief
Door de concurrentie van vergelijkbare virtuele technologieën als AR en MR, is het mogelijk dat de ontwikkeling op gebied van VR in de toekomst stagneert. Uit het kwalitatieve onderzoek is gebleken dat de kans niet groot is, omdat beide technologieën volgens de gebruiker voordelen bieden voor verschillende toepassing in het ontwerpproces.

Scenario 3. Ontwikkeling en gebruiker extreem negatief
Uit het onderzoek is gesteld dat beide variabelen op een extreem positieve waarde duiden. Dit maakt het scenario, waarin beide variabelen negatief zijn, het minst waarschijnlijk.

7. Onderzoeksresultaten

7.1 Wat is VR?

Wat is VR, en hoe onderscheidt het zich ten opzichte van vergelijkbare technologieën?

Op basis van *literatuurstudie 1* en kennis opgedaan uit het kwalitatieve onderzoek, is de definitie van VR door het projectteam op de volgende manier geïnterpreteerd:

"Virtual reality is een virtuele omgeving waarin de gebruiker volledig visueel wordt opgenomen, daarnaast kunnen geluid en interactie ook onderdeel zijn van deze ervaring."

Virtual reality onderscheidt zich van vergelijkbare technologieën doordat bij VR de gebruiker visueel volledig wordt afgesloten van zijn omgeving, in tegenstelling tot AR en MR, waar een digitale projectie over de werkelijkheid wordt geprojecteerd.

7.2 Wat is de waarde van VR?

Wat is de waarde van VR in het ontwerpproces, en hoe wordt deze benut in de praktijk?

Op basis van het kwalitatieve en kwantitatieve onderzoek zijn de volgende belangrijkste waardes geconcludeerd:

Positieve waardes van virtual reality
- Communiceren
- Visualiseren
- Simuleren

Negatieve waardes van virtual reality
- Incompetente hardware
- Incompetente software
- Gebruiksongemak/ onwetendheid

De positieve en negatieve waardes zijn sterk afhankelijk van elkaar. Dit betekent dat wanneer de negatieve waarde afneemt, de positieve waarde toe zal nemen.

In *tabel 1* is zichtbaar hoe deze waardes in de praktijk voor toepassingen worden ingezet.

7.3 Wat is de toekomst van VR?

Wat is de toekomst van VR in het ontwerpproces?

Uit de analyses is gesteld dat het scenario waarin zowel de gebruiker als de ontwikkeling een positieve waarde hebben, het meest waarschijnlijk is.

Uit het onderzoek is geconcludeerd dat VR over vijf jaar nog steeds onderdeel zal zijn van het ontwerpproces en nog meer geïntegreerd zal zijn. Echter, geconcludeerd is dat vijf jaar een te korte termijn is voor een volledige integratie in het ontwerpproces.

8. Conclusie

Dit onderzoek is opgezet om de onderzoeksvraag: "Wat is de waarde van virtual reality in het toekomstige ontwerpproces?" te beantwoorden. Hiervoor is de hoofdvraag opgedeeld in een drietal deelvragen. Voor het beantwoorden van de deelvragen is in de eerste fase een literatuurstudie gedaan naar de begripsbepaling van VR. In de tweede fase is kwantitatief en kwalitatief onderzoek verricht naar de waarde van VR. Tot slot is de toekomst van VR bepaald door een tweetal variabelen een extreem negatieve en/of positieve waarde te geven. Dit heeft geresulteerd in een viertal scenario's die aan de hand van een trendanalyse en de kwalitatieve en kwantitatieve data zijn ingedeeld naar mate van waarschijnlijkheid van uitkomen.

Om duidelijkheid te scheppen over de begripsbepaling van VR is *literatuurstudie 1* uitgevoerd. Aan de hand van dit onderzoek is het begrip VR voor dit onderzoek als volgt gedefinieerd: *"Virtual reality is een virtuele omgeving waarin de gebruiker volledig visueel wordt opgenomen, daarnaast kunnen geluid en interactie ook onderdeel zijn van deze ervaring."*

Uit de resultaten van het onderzoek naar de waarde van VR is geconcludeerd dat de belangrijkste positieve waardes van VR in het ontwerpproces het communiceren, visualiseren en het simuleren zijn. Gesteld is dat de waardes van VR in de toekomst gelijk blijven aan de huidige waardes, maar beter benut zal worden wanneer de negatieve waardes verbeteren. Geconcludeerd is dat deze negatieve waardes bestaan uit: incompetente hard- en software en het gebruiksongemak.

Voor het onderzoek naar de toekomst van VR zijn variabelen voor de scenario's opgesteld. Aan de hand van het onderzoek naar de waarde is gesteld dat de *hardware*, *software* en de *gebruiker* de meeste invloed hebben op het gebruik van VR in het toekomstige ontwerpproces. Deze factoren hebben geleid tot de variabelen: *ontwikkeling* van hard- en software, en *gebruiker*. Uit de trendanalyse en de analyse van de kwalitatieve en kwantitatieve data is geconcludeerd dat het scenario waarin beide variabelen een extreem positieve waarde hebben, als meest waarschijnlijk wordt geacht. Echter, uit het kwalitatieve onderzoek is gesteld dat een periode van vijf jaar te kort is voor een volledige integratie van VR in het ontwerpproces.

Uit het onderzoek is geconcludeerd dat de waardes van VR het *communiceren, visualiseren* en *simuleren* zijn, en dat deze waardes zowel nu als in het toekomstige ontwerpproces toegepast zullen worden.

9. Discussie

Dit hoofdstuk behandelt de discussie van de scriptie. Hier zijn de interpretaties van de resultaten en de beperkingen van het onderzoek opgenomen.

9.1 Validiteit

Tijdens de uitvoering van het onderzoek is gebruik gemaakt van processchema's om de navolgbaarheid van alle resultaten inzichtelijk te maken. Dit processchema is opgenomen in *Bijlagen document. Hoofdstuk 2*. Het schema is opgedeeld in drie fases van het onderzoek, met daarin chronologisch alle belangrijke stappen met de daarbij behorende producten. Hierdoor is het mogelijk om te achterhalen welke producten wanneer in het proces geproduceerd zijn, en welke stappen hieraan vooraf zijn gegaan om tot de conclusies in dit document te komen.

Tijdens fase 1: Wat is VR, is voor de begripsbepaling van VR een literatuuronderzoek uitgevoerd (*Bijlagen hoofdverslag. Hoofdstuk 3*). In dit onderzoek is data vergaard door middel van de analyse van publicaties. Tijdens deze analyse zijn de bronnen gesorteerd op relevantie door na te gaan of de auteur een expert is over het onderwerp, of de bron actueel is en of er referenties worden gegeven. Onze verwachting van dit onderzoek was dat het mogelijk zou zijn om een duidelijke begripsbepaling op te maken uit de bronnen. Achteraf was geen duidelijke consistentie in deze begripsbepaling waar te nemen, waardoor op basis van de bronnen voor een eigen opgestelde begripsbepaling van VR voor dit onderzoek is gekozen.

Tijdens fase 2: Wat is de waarde van VR, is voorafgaande aan het verwerven van de kwalitatieve en kwantitatieve data een literatuuronderzoek uitgevoerd. Voor dit literatuuronderzoek is gekozen om het voor het projectteam mogelijk te maken een efficiënte, valide en complete data verwerving te realiseren door middel van interviews en enquêtes. Voor deze literatuurstudie zijn de bronnen op eenzelfde manier gesorteerd als voor de eerste studie, het verschil is dat bij deze studie voornamelijk gebruik is gemaakt van gepubliceerde boeken als bron. Het projectteam verwachtte van te voren dat de data die tijdens de interviews en enquêtes verworven zou worden van groot belang zou zijn voor het vormen van een conclusie voor de hoofdvraag. Deze verwachting bleek waar te zijn, waardoor de literatuurstudie een goede keus is geweest.

Voor de kwalitatieve data zijn semi gestructureerde interviews afgenomen op basis van een vooraf opgestelde vragenlijst. De opstelling van deze vragen is een product van *literatuurstudie 2*. De vragenlijst is opgesteld om de mening van de respondenten te vergaren over een zevental thema's welke van belang zijn voor het onderzoek. De interviews in dit onderzoek hebben in alle gevallen (op een enkel bedrijf na dat gelokaliseerd is in New York) plaatsgevonden op locatie van de bedrijven, waardoor de interviews in een vertrouwde omgeving hebben plaatsgevonden, wat de ecologische validiteit waarborgt. De participanten zijn gekozen op basis van hun affiniteit met VR in het ontwerpproces. Voor de validiteit werkt dit tweezijdig. Enerzijds omdat de kans aanwezig is dat de respondenten hun negatieve ervaringen niet willen uitspreken, wat ten nadelen kan werken voor de validiteit. Anderzijds kan deze selectie positief werken omdat de respondenten veel ervaring en kennis hebben over het onderwerp, wat ten goede komt aan de validiteit.

Voor de selectie zijn geen respondenten geïnterviewd die getest hebben met VR, en achteraf bewust gekozen hebben om het niet toe te passen in het ontwerpproces. Hierdoor is het mogelijk dat de steekproef geen compleet beeld geeft van de populatie.

Voor de selectie van bedrijven is bewust gezocht naar verschillende soorten bedrijven. Hierdoor zijn de meningen van experts met verschillende werkzaamheden in verschillende fases binnen het ontwerpproces verzameld. Zo zijn architecten, ingenieurs en softwareontwikkelaars geïnterviewd. De steekproefomvang was voldoende om tot een consensus te komen over de onderwerpen uit het onderzoek.

In de literatuurstudie is onderzoek gedaan naar het uitwerken en analyseren van de vergaarde kwalitatieve data. Door de structuur van de dataverwerking die hieruit is gevolgd, is de data navolgbaar en is de validiteit ervan gewaarborgd. De complete uitwerking is per interview terug gekoppeld naar de desbetreffende respondent. Deze uitwerking bestaat uit een transcriptie van het complete interview, een open codering, een axiale codering en een samenvatting. Alle respondenten hebben goedkeuring gegeven voor het gebruik van deze data, wat de betrouwbaarheid van de resultaten waarborgt. Zoals van te voren werd verwacht, heeft het kwalitatieve onderzoek veel waardevolle informatie opgeleverd voor het onderzoek.

Voor de kwantitatieve data zijn twee enquêtes opgesteld. Een interne enquête, welke binnen ABT verspreid is, en een externe enquête, welke via social media verspreid is. Per enquête zijn verschillende randvoorwaarde opgesteld.

Voor de externe enquête is een minimale respons van 50 respondenten vastgesteld om de validiteit van de resultaten te waarborgen. Deze respons is niet behaald, waardoor de resultaten van de externe enquête niet zijn meegenomen in het onderzoek. Hierdoor ontbreekt de mening van respondenten werkzaam buiten ABT, wat tot een minder valide resultaten heeft kunnen leiden. Echter, doordat de kwalitatieve data waarin de mening van respondenten buiten ABT wél is meegenomen ook gebruikt is voor de conclusie vorming, blijft de validiteit gewaarborgd. De verwachtingen voor de externe enquête waren moeilijk vast te stellen. Door het projectteam werd verwacht dat het lastig zou zijn om de respons van 50 te behalen. Om deze reden is de enquête door zowel ABT en het projectteam verspreid over social media.
Voor de interne enquête is een minimale respons-ratio van 20% vastgesteld. Daarnaast is een betrouwbaarheidsniveau

van 95% gehanteerd, hierbij is uitgegaan van een foutmarge van 10%. Dit betekent dat de steekproefgrootte een minimale omvang van 77 respondenten dient te hebben binnen een onderzoekspopulatie van 368 mensen. De grensvoorwaarde van de interne enquête is behaald met een steekproefomvang van 93 respondenten, wat gelijk staat aan een respons-ratio van 25%. De validiteit van de enquête is gewaarborgd door middel van literatuuronderzoek 2, en door de pilot test waarin feedback gegeven kon worden op de vragenlijst. Het proces van deze enquête is naar verwachting verlopen. Door een goede voorbereiding is de data overzichtelijk en betrouwbaar verzameld. Uit de resultaten is op te maken dat de respondenten positiever tegenover VR staan dan aanvankelijk werd verwacht.

Tijdens fase 3: De toekomst van VR, is een scenario-analyse uitgevoerd. Voor deze analyse is data uit het kwalitatieve en kwantitatieve onderzoek gebruikt en een trendanalyse uitgevoerd.

Voor het opstellen van de scenario's zijn een tweetal variabelen bepaald welke de meeste invloed hebben op het gebruik van VR in het toekomstige ontwerpproces. Voor het bepalen van deze variabelen is de kwalitatieve data gebruikt.

De trendanalyse bestaat uit het onderzoek naar een viertal onderwerpen: interne ontwikkeling, project toepassingen, software ontwikkeling en hardware ontwikkeling. De eerste twee onderwerpen hebben betrekking tot ABT, hiervoor is data verzameld door middel van grijze literatuur. Dit zijn voornamelijk interne documenten en gesprekken die niet achterhaalbaar zijn voor derden. Doordat de data niet achterhaalbaar is, is de validiteit ervan moeilijk te bepalen. Tijdens het onderzoek zijn verschillende interne bronnen geraadpleegd wat de validiteit zoveel mogelijk waarborgt. Het derde en vierde onderwerp heeft betrekking tot de ontwikkeling van de hard- en software van VR. Hiervoor is de software en hardware welke nu toegepast worden in het ontwerpproces onderzocht. Bronnen voor de software bestaan voornamelijk uit 'release notes', dit zijn uitgaveopmerkingen van softwareontwikkelaars. Deze release notes zijn uitgebracht door de ontwikkelaar zelf, en wordt om deze reden al valide informatie beschouwd. Bronnen van de hardware bestaan voornamelijk uit blogs uitgebracht door de ontwikkelaar zelf, waardoor de data als valide beschouwd kan worden.

Voor de indeling van de scenario's is gebruik gemaakt van de vier onderzochte trends, de kwalitatieve data en de kwantitatieve data. Waardoor de uitslag van de scenario-analyse gebaseerd is op gelijkwaardig valide informatie. Deze uitslag voldoet aan de verwachtingen van het projectteam.

Algemeen kan gesteld worden dat de herhaalbaarheid valide is. Wanneer het onderzoek onder dezelfde omstandigheden opnieuw wordt uitgevoerd, wordt verwacht tot dezelfde resultaten te komen.

9.2 Beperkingen

In het begin van het onderzoek is een planning opgesteld door het projectteam, welke als rode draad van het project heeft geleid. In deze planning zijn deadlines voor alle stappen opgenomen. Voor deze deadlines is rekening gehouden met de verwachte mate van relevantie voor het onderzoek. Zo is het mogelijk geweest om voor primaire onderzoeken meer tijd uit te trekken dan voor secundaire onderzoeken. Wanneer een deadline is behaald, is afgesproken om het onderzoek af te sluiten, ongeacht of deze volledig naar wens is uitgevoerd. Echter, tijdens het afstudeeronderzoek is het niet nodig geweest om een onderzoek incompleet af te sluiten. Op basis van het gestelde tijdsbestek is een realistische inkadering van het onderzoek opgesteld.

Tijdens het kwalitatieve en kwantitatieve onderzoek werd door het projectteam verwacht tot nieuwe toepassingen en ontwikkelingen van VR te komen. Echter, dit bleek niet het geval te zijn. De respondenten noemden voornamelijk doorontwikkelingen op bestaande toepassingen. Daarnaast is gebleken dat een toepassing breed interpretabel is. Na de analyse van de data is gebleken dat de focus van het onderzoek beter aansluit op de waarde van VR, dan op de toepassing van VR.

Een beperking van het onderzoek is de aangepaste uitvoering van de Delphi methode. Wanneer er meer tijd voor het onderzoek beschikbaar was, was een herhaaldelijke bevraging wel mogelijk geweest. Echter, het projectteam verwacht niet dat dit tot andere conclusies had geleid.

9.3 Vervolgonderzoek

Een volgend verkennend onderzoek kan worden uitgevoerd naar de integratie van VR in het ontwerpproces. Aanbevolen wordt zo breed mogelijk in het ontwerpproces van een project te onderzoeken waar de door dit onderzoek bepaalde waardes van VR het best benut kunnen worden.

Deze scriptie biedt een goede basis voor dit vervolgonderzoek omdat de waardes en de toepassingen van VR bepaald zijn.

10. Aanbevelingen

Onderstaand zijn de aanbevelingen omtrent de waarde en de toekomst van VR in het ontwerpproces opgenomen. De aanbevelingen zijn opgesteld voor de opdrachtgever van deze bachelorscriptie: ABT.

De waarde van VR

Samenvattend
Uit het onderzoek is gebleken dat de belangrijkste positieve waardes van VR in het ontwerpproces het *communiceren*, *visualiseren* en het *simuleren* zijn. Gesteld is dat de waarde van VR in de toekomst gelijk blijft aan de huidige waarde, maar beter in het ontwerpproces benut kan worden wanneer de negatieve waardes verbeteren. Deze negatieve waardes bestaan uit *incompetente hard-* en *software* en het *gebruiksongemak*.

Aanbeveling
Op basis van de resultaten uit dit onderzoek wordt aanbevolen om VR toe te passen bij diensten waar behoefte is aan *communiceren*, *visualiseren* en *simuleren*. Momenteel wordt VR binnen ABT al ingezet op deze waardes. Aanbevolen wordt dit te blijven doen.

Hoofdstuk 4.5 VR in de praktijk biedt een overzicht van de huidige VR diensten in het ontwerpproces.

De toekomst van VR

Samenvattend
Uit het onderzoek is gesteld dat de variabelen die de meeste invloed hebben op de toekomst van VR de ontwikkeling van hard- en software en de gebruiker zijn. Geconcludeerd is dat het scenario waarin beide variabelen een extreem positieve waarde hebben het meest waarschijnlijk wordt geacht.

Aanbeveling
Op basis van de resultaten uit dit onderzoek wordt het advies richting ABT gegeven om de huidige trend van ontwikkeling en toepassingen van VR voort te zetten. VR wordt steeds consistenter toegepast, aanbevolen wordt om dit te blijven doen. De resultaten uit het onderzoek duiden op een blijvende doorontwikkeling, waardoor de positieve waardes zullen toenemen, en de negatieve waardes afnemen. Gesteld is dat VR in het toekomstige ontwerpproces nog steeds waarde biedt bij het communiceren, visualiseren en simuleren.

Het projectteam raadt aan om de integratie van VR te bespoedigen door intern bij ABT de mogelijkheden breder onder de aandacht te brengen. Hierdoor zal het voor medewerkers mogelijk worden om kansen, wanneer deze zich voordoen, te herkennen en te benutten. Door het projectteam wordt een korte en lange termijn aanbeveling gedaan.

Op korte termijn wordt aangeraden om projecttoepassingen met VR intern breder te delen, waardoor de praktische mogelijkheden voor medewerkers duidelijk worden. Op basis van het onderzoek voor de trendanalyse is gebleken dat de kennisdeling momenteel plaatsvindt binnen alleen de VR groepen, en wordt hierdoor minder goed verspreidt over heel ABT.

Op lange termijn wordt aangeraden om een VR cursus voor medewerkers te organiseren, waarin aandacht wordt gegeven aan het opzetten van de hardware, en het toepassen van de software. Hierdoor wordt de drempel om zelf gebruik te maken van VR verlaagd.

11. Literatuurlijst

Facebook to buy Oculus virtual reality firm for $2B. (2014, Maart 26). Opgeroepen op April 25, 2018, van CBC: http://www.cbc.ca/news/technology/facebook-to-buy-oculus-virtual-reality-firm-for-2b-1.2586318

A new way to see and share your world with 360-degree video. (2015, Maart 13). Opgeroepen op April 26, 2018, van Youtube Creater Blog: https://youtube-creators.googleblog.com/2015/03/a-new-way-to-see-and-share-your-world.html

Infographic. (2015, Maart 30). Opgeroepen op Mei 2018, 14, van Ensie: https://www.ensie.nl/redactie-ensie/infographic

Steam Controller, SteamVR, Steam Machines: Valve's hardware push in photos. (2015, Mei 03). Opgeroepen op April 26, 2018, van arsTechnica: https://arstechnica.com/gaming/2015/03/steam-controller-steamvr-steam-machines-valves-hardware-push-in-photos/

PlayStation®VR Launches October 2016 Available Globally At 44,980 Yen, $399 USD, €399 And £349. (2016, Maart 15). Opgeroepen op April 25, 2018, van Sony: https://web.archive.org/web/20160722031419/https:/www.sony.com/en_us/SCA/company-news/press-releases/sony-computer-entertainment-america-inc/2016/playstationvr-launches-october-2016-available-glob.html

Human anatomy and limited technology: the barriers to truly immersive VR. (2017, Mei 18). Opgeroepen op Februari 15, 2018, van Foundry: https://www.foundry.com/industries/virtual-reality/limitations-of-vr-ar

More real than real: creating a feeling of 'presence' in VR. (2017, Mei 18). Opgeroepen op Februari 15, 2018, van Foundry: https://www.foundry.com/industries/virtual-reality/immersive-vr-experiences

Pimax: The World's First 8K VR Headset. (2017, September 19). Opgeroepen op April 26, 2018, van Kickstarter: https://www.kickstarter.com/projects/pimax8kvr/pimax-the-worlds-first-8k-vr-headset/updates

Virtual Reality in Construction. (2017). Opgeroepen op Maart 21, 2018, van Virtual Reality Society: https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-applications/construction.html

Voorbeeld APA-stijl: Youtube. (2017, november 29). Opgeroepen op februari 15, 2018, van Scribbr: https://www.scribbr.nl/apa-stijl/apa-voorbeelden/youtube/

What is Virtual Reality? (2017). Opgeroepen op Februari 12, 2018, van Virtual Reality Society: https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html

Abrash, M. (2016, Oktober 12). Oculus Connect 3 Opening Keynote: Michael Abrash. Opgeroepen op Februari 13, 2018, van Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=AtyE5qOB4gw

Altraide, D. (2017, April 1). What are Virtual and Augmented Realities? Opgeroepen op Februari 15, 2018, van Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=f9MwaH60GEY&

Amos, E. (2017, Juli 14). Oculus Rift CV1 [Foto]. Geraadpleegd van https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Evan-Amos/VOGM/MiscVR

Amos, E. (2017, Juli 14). Oculus Touch controllers [Foto]. Geraadpleegd van https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Evan-Amos/VOGM/MiscVR

Avsatthi, B. (2017, December 13). Award-winning IrisVR Announces Multiuser Beta for Prospect VR. Opgeroepen op April 26, 2018, van Architosh: https://architosh.com/2017/12/award-winning-irisvr-announces-multi-user-beta-for-prospect-vr/

Beesel, I. v. (2013, Oktober 17). Interviewtechnieken voor het perfecte interview - 4 tips. Opgeroepen op Februari 19, 2018, van Scribbr: https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/interviewtechnieken-professioneel-interview/

BNA, & ONRI. (2008, November). Standaardtaakebschrijving. Opgeroepen op Februari 16, 2018, van debeverarchitecten: http://www.debeverarchitecten.nl/publicaties/standaardtaakbeschrijving_2009_def.pdf

Boeije, H. (2014). Analyseren in kwalitatief onderzoek. Den Haag: Boom Lemma.

Chavan, S. R. (2016). Augmented Reality vs. Virtual Reality: Differences and Similarities. Mumbai: International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology.

Desmond, C. (2006, Maart 4). Amerikaanse parachutisten met VR-bril [Foto]. Geraadpleegd van https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VR-Helm.jpg

Dingemanse, K. (2014, Oktober 22). Hoe verwerk je een interview in een scriptie? Opgeroepen op Februari 19, 2018, van Scribbr: https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/hoe-verwerk-je-een-interview-een-scriptie/

Dingemanse, K. (2015, September 8). Het formuleren van goede interviewvragen. Opgeroepen op Februari 19, 2018, van Scribbr: https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/het-formuleren-van-goede-interviewvragen/

Dingermanse, K. (2017, Maart 14). Ultiem stappenplan voor het coderen van interviews. Opgeroepen op Februari 19, 2018, van Scribbr: https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/coderen-interview/

Dredge, S. (2015, September 24). Facebook joins YouTube in showing 360-degree videos – including Star War. Opgeroepen op April 26, 2018, van The Guardian: https://www.theguardian.com/technology/2015/sep/24/facebook-youtube-360-degree-videos-star-wars

Ebrahimi, A. (2016, December 15). EditorVR Experimental Build Available Today. Opgeroepen op April 26, 2018, van Unity: https://blogs.unity3d.com/2016/12/15/editorvr-experimental-build-available-today/

European Space Agency. (2017, September 28). Reality Check [Foto]. Geraadpleegd van http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2017/07/Reality_check

Foundry. (2016). Is Virtual Reality set to replace real life experiences? Londen: Foundry.

Foundry. (2016, April 08). VR? AR? MR? Sorry, I'm confused. Opgeroepen op Februari 15, 2018, van Foundry: https://www.foundry.com/industries/virtual-reality/vr-mr-ar-confused

Groesen, W. v., & Steen, M. v. (2017). X-Reality. Tilburg: Avans Hogeschool.

Hall, C. (2015, April 30). Now anyone can build for SteamVR with Epic's Unreal Engine 4. Opgeroepen op April 26, 2018, van Polygon: https://www.polygon.com/2015/4/30/8521469/steamvr-epic-unreal-engine-4-ue4-free

Hanegraaf, J. (2017, Mei 04). ArchiSpace – update1. Opgeroepen op April 25, 2018, van Johan Hanegraaf: https://www.johanhanegraaf.nl/archispace_dev_1/

Hanegraaf, J. (2017, 4 mei). ArchiSpace – update1 [Foto]. Geraadpleegd van https://www.johanhanegraaf.nl/archispace_dev_1/

Helmus, J. (2013, Augustus 28). Scenario analyse en planning voor innovatie. Opgeroepen op 04 12, 2018, van SlideShare: https://www.slideshare.net/JRHelmus/scenario-analyse-voor-innovatie-projecten

Holly, R. (2016, Mei 10). Everything you need to know about HTC Vive. Opgeroepen op Februari 15, 2018, van VRheads: https://www.vrheads.com/everything-you-need-know-about-htc-vive

Holly, R., & Hunt, C. (2018, Januari 2). Everything you need to know about Oculus Rift. Opgeroepen op Februari 15, 2018, van vrheads: https://www.vrheads.com/oculus-rift-everything-to-know

Isdale, J. (1993, Oktober 08). What is Virtual Reality?, 2.1. Opgeroepen op Februari 12, 2018, van Columbia: http://www.columbia.edu/~rk35/vr/vr.html

James, P. (2016, Maart 28). 3 Years Ago the Oculus Rift DK1 Shipped, Here's a Quick Look Back. Opgeroepen op April 2018, 25, van RoadtoVR: https://www.roadtovr.com/3-years-ago-the-oculus-rift-dk1-shipped-heres-a-quick-look-back/

James, P. (2018, Maart 21). HTC Vive Focus to Release Internationally in 2018, Dev Kit Pre-Orders Live Now. Opgeroepen op April 25, 2018, van RoadtoVR: https://www.roadtovr.com/gdc-2018-htc-vive-focus-release-date-international-2018/

Jazayeri, M. (2016, November 01). GOOGLE AR AND VR. Opgeroepen op April 26, 2018, van Google: https://blog.google/products/google-vr/daydream-view-coming-stores-november-10th/

Kauffold, P. (2016, November 21). The Future of Virtual Reality | Phil Kauffold | TEDxSonomaCounty. Opgeroepen op Februari 15, 2018, van Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=d-HRgfJbPvk

Kempen, P., & Keizer, J. (2011). Competent afstuderen en stagelopen. Houten: Noordhoff Uitgevers Groningen/ Houten.

Korzilius, D. (2008). De kern van survey-onderzoek. Assen: Van Gorcum.

Lang, B. (2014, Maart 19). Oculus Rift DK2 Pre-order, Release Date, Specs, and Features. Opgeroepen op April 25, 2018, van RoadtoVR: https://www.roadtovr.com/oculus-rift-developer-kit-2-dk2-pre-order-release-date-specs-gdc-2014/

Ludwig, J. (2014, Januari 18). SteamVR Beta Updated. Opgeroepen op April 25, 2018, van Steam: https://steamcommunity.com/games/250820/announcements/detail/1513505506124387228

Ludwig, J. (2015, April 30). OpenVR SDK Now Available. Opgeroepen op April 25, 2018, van Steam: https://steamcommunity.com/games/250820/announcements/detail/155715702499750866

Margaret, R. (2016, Augustus). room-scale VR (room-scale virtual reality). Opgeroepen op Februari 16, 2018, van WhatIs: http://whatis.techtarget.com/definition/room-scale-VR-room-scale-virtual-reality

Mertens, M. (2014, september 22). Voorbeeld voorwoord van een scriptie. Opgeroepen op februari 14, 2018, van Scribbr: https://www.scribbr.nl/scriptie-structuur/voorbeeld-voorwoord/

OculusVR. (2015, Mei 06). First Look at the Rift, Shipping Q1 2016. Opgeroepen op April 26, 2018, van Oculus: https://www.oculus.com/blog/first-look-at-the-rift-shipping-q1-2016/

OculusVR. (2016, December 06). Oculus Touch Launches Today! Opgeroepen op April 25, 2018, van Oculus: https://www.oculus.com/blog/oculus-touch-launches-today/

Paschall, A. (2016, Januari 6). Unreal Engine 4.12 Released! Opgeroepen op April 25, 2018, van UnrealEngine: https://www.unrealengine.com/en-US/blog/unreal-engine-4-12-released

Pijlman, R., & Oosterhout, M. v. (2004). SMART doelen stellen. Opgeroepen op februari 14, 2018, van Carrieretijger: http://www.carrieretijger.nl/functioneren/management/leidinggeven/doelen-stellen/smart
Ramsey, D. (2011). Statistiek voor Dummies. Amsterdam: Pearson Benelux bv.

Ripton, J. (2014, December 18). Google Cardboard: everything you need to know. Opgeroepen op Februari 15, 2018, van Techradar: http://www.techradar.com/news/phone-and-communications/mobile-phones/google-cardboard-everything-you-need-to-know-1277738

Rizzotto, L. (2016, November 30). The Mixed Reality Revolution is here, and it'll change your world forever. Opgeroepen op Februari 12, 2018, van FuturePi: https://medium.com/futurepi/the-mixed-reality-revolution-is-here-and-itll-change-your-world-forever-177b06dac792

Rizzotto, L. (2017, Maart 17). The next 5 years: Predictions for VR/MR. Opgeroepen op Februari 12, 2018, van FuturePi: https://medium.com/futurepi/predictions-whats-next-for-vr-mr-2c9663d58c46

Say, A. (2017, November 06). VR Meetings for Architecture, Engineering, and Construction. Opgeroepen op April 25, 2018, van InsiteVR: https://blog.insitevr.com/vr-meetings-for-architecture-engineering-and-construction-b99691102b4b

Smith, S. L., & Andronico, M. (2016, Maart 28). What is the Oculus Rift? Opgeroepen op Februari 16, 2018, van Tom's Guide: https://www.tomsguide.com/us/what-is-oculus-rift,news-18026.html

Swaen, B. (2012, Augustus 20). Inleiding schrijven voor je scriptie. Opgeroepen op April 17, 2018, van Scribbr: https://www.scribbr.nl/scriptie-structuur/een-inleiding-schrijven-voor-je-scriptie/

Swaen, B. (2012, november 26). Voorwoord van de scriptie. Opgeroepen op februari 14, 2018, van Scribbr: https://www.scribbr.nl/scriptie-structuur/voorwoord-van-de-thesis/

Valdes, A. (2014, april 15). What Is Virtual Reality & How Does It Work? | Mashable Explains. Opgeroepen op Februari 15, 2018, van Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=HBNH8tzsfVM

Verhoeven, N. (2011). Wat is onderzoek? Den Haag: Boom Lemma uitgevers.

Williams, R. (2016, Januari 11). HTC Vive pre-orders to start on February 29. Opgeroepen op April 25, 2018, van The Telegraph: https://www.telegraph.co.uk/technology/news/12092607/HTC-Vive-pre-orders-to-start-on-February-29.html

FREQUENTLY ASKED QUESTIONS ABOUT THE NATIONAL BIM STANDARD-UNITED STATES™. (z.d.). Opgeroepen op Mei 15, 2018, van National BIM Standard - United States: https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1

Google Cardboard. (z.d.). Opgeroepen op April 25, 2018, van Google: https://vr.google.com/cardboard/

HTC Vive Developer Editions. (z.d.). Opgeroepen op April 25, 2018, van XinReality: https://xinreality.com/wiki/HTC_Vive_Developer_Editions

InsiteVR. (z.d.). Opgeroepen op April 25, 2018, van Crunchbase: https://www.crunchbase.com/organization/insitevr

IrisVR, Inc. (z.d.). Opgeroepen op April 25, 2018, van Crunchbase: https://www.crunchbase.com/organization/irisvr-inc

Vive Pro. (z.d.). Opgeroepen op April 26, 2018, van Vive: https://www.vive.com/eu/product/vive-pro/

12. Figuur- en tabellenlijst

Figurenlijst

Figuur 1. Brug, M.v. Primabeeld, Velp....8
Figuur 2. BIM-fasering....11
Figuur 3. DNR-fasering....11
Figuur 4. Virtual reality: de gebruiker staat in een virtuele omgeving. 15
Figuur 5. Augmented reality: een projectie van een virtuele laag over de werkelijkheid....15
Figuur 6. Mixed reality: een projectie van een virtuele laag die interactie heeft met de werkelijkheid....15
Figuur 7. ABT Cardboard....16
Figuur 8. ABT HTC Vive HMD & controllers....16
Figuur 9. Oculus Rift HMD (Amos, 2017)....17
Figuur 10. Oculus Touch controllers (Amos, 2017)....17
Figuur 11. 360 graden impressies....19
Figuur 12. Geanimeerde modellen 19
Figuur 13. Interactieve modellen (ESA, 2017)....19
Figuur 14. Mobiel VR-lab....19
Figuur 15. Mockups....19
Figuur 16. Modelleren (Hanegraaf, 2017) 19
Figuur 17. Multi-user VR....19
Figuur 18. Project visualisatie....19
Figuur 19. Rondleidingen....19
Figuur 20. Serious Gaming (Desmond, 2006)....19
Figuur 21. Varianten studies....19
Figuur 22. Visuele controle....19
Figuur 23. Infographic interne enquête 23
Figuur 24. Tijdlijn van de variabele: gebruiker....33
Figuur 25. Tijdlijn van de variabele: ontwikkeling....34
Figuur 26. Grafiek aantal interne ontwikkelingen....35
Figuur 27. Grafiek aantal projecten....35
Figuur 28. Grafiek aantal hardware ontwikkelingen....35
Figuur 29. Grafiek aantal software ontwikkelingen....35

Tabellen lijst

Tabel 1.Toepassingen virtual reality....19

13. Bijlagen

Bijlagen document

1. Inleiding
- 1.1 Leeswijzer

2. Betrouwbaarheid

3. Literatuurstudie 1
- 3.1 Inleiding
- 3.2 Virtual Reality
- 3.3 Augmented Reality
- 3.4 Mixed Reality
- 3.5 VR systemen

4. Literatuurstudie 2
- 4.1 Inleiding
- 4.2 Onderzoek
- 4.3 Resultaten

5. Interviews
- 5.1 Mecanoo - J. Hanegraaf
- 5.2 VR-lab Nijmegen - T. v. Teeffelen
- 5.3 Iris VR- H. Demirev
- 5.4 Cadac - J. van Hardeveld
- 5.5 EGM - P. Tak & M. Schuil
- 5.6 More For You - G. Wijnhold
- 5.7 Universiteit Twente - R.G.J. Damgrave
- 5.8 ABT - M. Bijsterbosch
- 5.9 Resultaten

6. Enquête
- 6.1 Axiale codering interne enquête
- 6.2 Resultaten interne enquête
- 6.3 Resultaten externe enquête

7. Trendanalyse
- 7.1 Variabele: Gebruiker
- 7.2 Variabele: Ontwikkeling

8. Literatuurlijst

9. Figuur- en tabellenlijst

Procesmap

1. Inleiding
- 1.1 Leeswijzer

2. Competentie overzicht

3. Reflecties
- 3.1 Groepsreflectie
- 3.2 POP Reflectie Timmo de Haas
- 3.3 POP Reflectie Reinder Versloot

4. Agenda's en notulen
- 4.1 Notulen afstudeervoorstel
- 4.2 Notulen presentatie afstudeervoorstel
- 4.3 Notulen start afstudeeronderzoek
- 4.4 Notulen eerste bespreking met bedrijfsbegeleider
- 4.5 Agenda 1e voortgangsgesprek
- 4.6 Notulen 1e voortgangsgesprek
- 4.7 Notulen onderwerp
- 4.8 Agenda 2e voortgangsgesprek
- 4.9 Notulen 2e voortgangsgesprek
- 4.10 Notulen intern voortgangsgesprek week 13
- 4.11 Agenda tussentijdse peiling
- 4.12 Notulen tussentijdse peiling
- 4.13 Agenda concept scriptie bespreking ABT
- 4.14 Notulen concept scriptie bespreking ABT

5. Urenverantwoording

6. Planning

7. Figuur- en tabellenlijst

8. Bijlagen
- Bijlage 1. Notitie afstudeerstudie
- Bijlage 2. Mail onderwerp: PvA feedback
- Bijlage 3. Tussenpeiling afstudeerproject
- Bijlage 4. Competentielijst
- Bijlage 5. Toestemmingsformulier HBO kennisbank
- Bijlage 6. Bedrijfsbeoordeling

Auteurs

Student	T. de Haas	568847
Student	R. Versloot	566305