

# ELASOUND

EEN MUZIKALE EXPLORATIE VAN EEN ELASTISCH DISPLAY

**LUCA**  
SCHOOL  
OF  
ARTS

SAM LOOS  
MASTERPROJECT  
COMMUNICATIE EN MEDIADDESIGN  
LUCA SCHOOL OF ARTS  
CAMPUS C-MINE GENK



**STUDENT**

Sam Loos

sam.loos@hotmail.com

www.samloos.be

**PROMOTOREN**

Danny Leen

Katrien Dreessen

**STUDIERICHTING**

Communicatie- en Mediadesign,  
Interaction Design

**ACADEMIEJAAR**

2019 - 2020

**LUCA**  
SCHOOL  
OF  
ARTS

# ABSTRACT

## NEDERLANDS

Smartphones, laptops en computers zijn alomtegenwoordig in het dagelijkse leven van de gewone mens. Een volwassen Amerikaan spendeert gemiddeld negen uur per dag voor beeldschermen (Nielsen, 2019) en uit een Amerikaans onderzoek van Google (2012) blijkt dat negentig procent van alle media-interacties display gebaseerd zijn. Desondanks zijn deze displays in bepaalde opzichten gelimiteerd, omdat gebruikers met deze displays enkel over de lengte- en de breedte-as kunnen interageren.

Hierdoor is het interessant om onderzoek te doen naar vervormbare, elastische displays waarop wel een additionele diepte-as kan terug gevonden worden. Uit onderzoek van Troiano et al. (2015) en Walther et al. (2013) is bovendien gebleken dat vervormbare interfaces interessant zijn voor het manipuleren en creëren van muziek. Echter brengt werken met vervormbare displays uitdagingen met zich mee. Omwille van slechte trackingresolutie is het detecteren van gestures en interacties op een elastisch display namelijk gecompliceerd en moeten onderzoekers hier creatief rondom werken.

Door middel van een iteratief ontwerpproces, waar de Research Trough Design methode in centraal stond, zijn drie interactieve prototypes geconstrueerd, die met behulp van gemodererde user tests en participerende observatie geëvalueerd en verbeterd zijn. Hierdoor zijn vijf interacties op het elastische display onderzocht. ElaSound, de laatste van de drie iteraties, maakt gebruik van vier van de vijf interacties om gebruikers op een laagdrempelige en speelse muziek te laten exploreren.

**Keywords:** elastische displays, vervormbare interfaces, muziek exploratie, gestures

## ENGLISH

Smartphones, laptops and computers are omnipresent in the everyday life of the ordinary human. An adult American spends an average of nine hours a day in front of displays (Nielsen, 2019) and an American study by Google (2012) shows that ninety percent of all media interactions are display based. Nevertheless, these displays are limited in some regards, because users are only able to interact with these displays alongside the width axis and the length axis.

Because of this, it's interesting to carry out research into deformable, elastic displays on which an additional depth axis can be found. Moreover, research by Troiano et al. (2015) and Walther et al. (2013) has shown that these deformable interfaces are interesting for the manipulation and creation of music. However, these deformable displays also pose challenges. Because of poor tracking resolution, detecting gestures and interactions on an elastic display is complicated and has to be worked around creatively by researchers.

Through an iterative design process, centered on the Research Trough Design method, we constructed three interactive prototypes that we evaluated and improved using moderated user testing and participative observation. As a result, we realized five functioning interactions on the elastic display. ElaSound, the last of the three iterations, uses four of these interactions to allow users to playfully explore and discover music.

**Keywords:** elastic displays, deformable interfaces, music exploration, gestures

# VOORWOORD

Deze masterproef is de afronding van mijn tweejarig schakelprogramma Interaction Design aan de Luca School of Arts in Genk. Het creëren van deze scriptie is een lang en leerrijk onderzoeksproces geweest waarbinnen ik de vaardigheden en de kennis die ik tijdens mijn opleidingen heb opgedaan heb toegepast. In het kader van deze masterproef leerde ik mezelf te verdiepen in het construeren van user interfaces op elastische displays wat resulteerde tot de creatie van ElaSound, een elastische interface die gebruikers toestaat om met een combinatie van 2D- en 3D interacties op een laagdrempelige en speelse manier muziek te exploreren.

Een speciaal dankwoord gaat uit naar mijn promotoren Danny Leen en Katrien Dreessen voor de aangename begeleiding en de inzichten en de expertise die ze me tijdens dit onderzoeksproces hebben verleend. Ook wil ik alle andere personen bedanken die mee gewerkt hebben aan dit onderzoek. Zonder hun medewerking had ik deze masterproef nooit kunnen voltooien.



# INHOUDSOPGAVE

**SITUERING BINNEN  
HET VAKGEBIED**  
p. 14 - 16

**DESIGNPROCES**  
p. 21- 43

**BIBLIOGRAFIE**  
p. 46- 48

**1**

**INLEIDING**  
p. 10 - 13

**2**

**3**

**METHODOLOGIE**  
p. 17 - 20

**4**

**5**

**CONCLUSIE**  
p. 44- 45

**6**

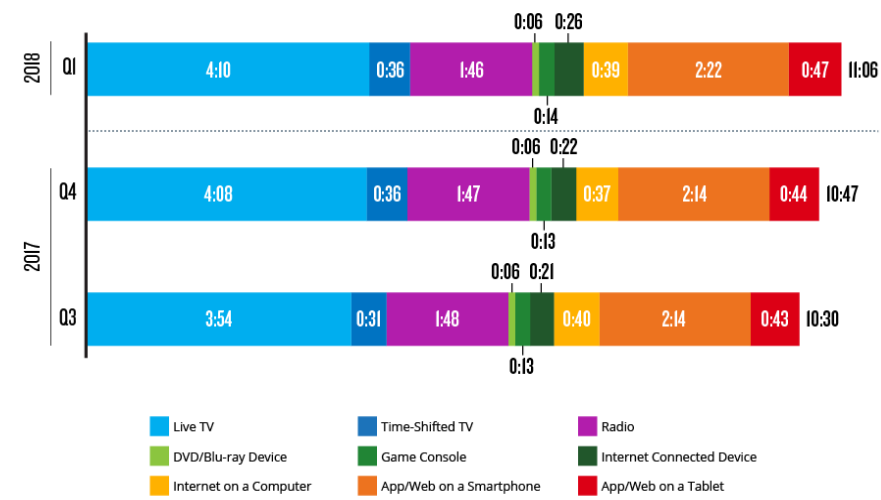
**7**

**FIGUREN- EN  
TABELLENLIJST**  
p. 49

# 1. INLEIDING

## Introductie

Vanwege de snel stijgende digitalisering van de afgelopen jaren zijn enkele user-interfaces ontstaan die heden ten dage niet meer weg te denken zijn (Reimer, 2005). Smartphones, laptops en computers zijn alomtegenwoordig in een steeds haastigere samenleving. Als gevolg van deze digitalisering is de mens terechtgekomen in een wereld vol met beeldschermen. Een volwassen Amerikaan spendeert ongeveer 9 uur per dag voor beeldschermen (Nielsen, 2018) en uit een Amerikaans onderzoek van Google (2012) blijkt dat 90 procent van alle media-interacties display gebaseerd zijn en dat daarnaast de gemiddelde mens per dag gemiddeld 4,4 uur aan vrije tijd voor beeldschermen spendeert. Deze *displays*, waarmee de wereld zo rijkelijk gevuld is, worden flat-interfaces-displays genoemd.



**FIG. 1:** Average time spent per adult 19+ per day (Nielsen, 2018).

Deze flat-interfaces worden ook tweedimensionale (2D), plenaire of graphical-user-interfaces (GUI) genoemd. Een 2D-interface wordt beschreven met twee parameters: de breedte-as (x-as) en de lengte-as (y-as) (Garcia, n.d.). De diepte-as (de z-as) ontbreekt hier echter, maar is terug te vinden bij driedimensionale (3D-) interfaces die ook doorgaan voor organical-user-interfaces (OUI) (Vertegaal & Poupyrev, 2008). De verschillen tussen een GUI en een OUI worden in onderstaande Figuur 2 (Vertegaal en Poupyrev, 2008) beschreven.

Ondanks dat deze traditionele 2D-displays over de wereld zijn verspreid, zijn ze in bepaalde opzichten gelimiteerd. Interacties op traditionele 2D-displays zijn namelijk beperkt tot 2D-bewegingen over een lengte -en een breedte-as, of tot imitaties van 3D-interacties zoals tijdgerelateerde interacties. Een voorbeeld van een tijdgerelateerde interactie is de *long press* bij Appletoestellen. Hierbij wordt een vinger voor een langere periode op het scherm geplaatst en komt vervolgens een submenu tevoorschijn, waarin de gebruiker bijvoorbeeld een applicatie kan verwijderen (Moren, 2019).



**FIG. 2:** GUI versus OUI (Vertegaal & Poupyrev, 2008).

Verder bestaat in oudere Appletoestellen een techniek genaamd *3D-touch*, waarbij een drukplaat tussen de body van het toestel en het glas van het touchscreen zit (Forza, 2019). De nieuwere toestellen gebruiken *haptic touch*. Bij deze interactie stuurt de gebruiker elektrische signalen naar de iPhone, naargelang hoe hard hij op het scherm drukt (Forza, 2019). De long press, 3D-touch en haptic touch geven de illusie van een 3D-interactie, maar zijn plenaire interacties op een plat beeldscherm. De standaard 2D-gestures die op flat displays plaatsvinden zijn voornamelijk: *tap*, *scale*, *rotate* en *swipe*.

Het gebruik van conventionele flat-displays kan volgens Geng (2013) tot verwarring leiden bij het verwerken van driedimensionale gegevens. 3D-objecten die op 2D-schermen worden weergegeven, zijn namelijk zelfs met behulp van krachtige 3D-rendering software niet in staat om diepte-informatie correct te verschaffen. Het gebrek aan een 3D-display brengt het gevaar dat driedimensionale gegevens, zoals wetenschappelijke gegevens of medische beeldvorming, incorrect worden verwerkt (Geng, 2013).

Omdat interacties op veelvoorkomende flat-displays beperkt blijven tot de imitatie van 3D-interacties of tot interacties over de lengte- en breedte-as, is het interessant onderzoek te doen naar displays waarop authentieke 3D-interacties onderzocht kunnen worden. Deze 3D-displays beschikken wel over een toegevoegde diepte-as en geven hiermee de mogelijkheid om interacties en gestures over de breedte-, lengte- en diepte-as te exploreren.

In 2008 stelden Poupyrev en Vertegaal: "Developments in human-computer interaction are often preceded by breakthroughs in display technologies" (p. 28). Ze stellen dat ontwikkelingen binnen Human-Computer Interaction (HCI) vaak vooraf gaan aan een doorbraak in beeldschermtechnologieën. Op het gebied van 3D-touch display-technologie is momenteel nog geen doorbraak die beschikbaar is voor de modale consument: daarom zijn onderzoekers op zoek naar andere manieren om 3D-displays te construeren.

Een van deze manieren is het creëren van 3D-interacties op een flat-display aan de hand van technologieën zoals *augmented -en virtual reality*, met behulp van handschoenen of pennen die getrackt kunnen worden. Echter raakt hierbij de directheid en de eenvoud van een touch-sensitive-interface verloren en is de gebruiker vereist extra apparaten vast te houden of te dragen om met de content van het display te interageren (Benko & Wilson, 2009). Hierdoor is het interessanter 3D-interacties uit de vrije hand te verkennen, terwijl de eenvoud van een multi-touch-interface behouden wordt (Benko & Wilson, 2009).

Een andere manier waarop eigenhandig 3D-displays geconstrueerd kunnen worden, is aan de hand van vervormbare displays. Pedersen, Troiano en Hornbaek bevestigen dit (2014): "Whereas hard interactive tabletops and other flat-displays allow only for two dimensional multi-touch input methods, deformable displays can afford interaction that physically extends in depth or in relief" (p. 1). Deze soorten displays bieden extra manieren van interactie, omdat de interactieve vervorming van het displayoppervlak een extra dimensie toevoegt en hiermee de expressiviteit van de gestures verhoogt (Müller et al., 2014). Het registreren van de interacties is minder nauwkeurig dan bij een flat-display, maar de extra interactiedimensie zorgt ervoor dat aanrakingen kunnen worden toegeschreven aan verschillende diepteniveaus, waardoor bijkomstige vormen van interactie geëxploreerd kunnen worden (Müller et al., 2017).

Volgens Gründer (in Pedersen et al., 2014) kunnen deze vervormbare displays in twee categorieën ingedeeld worden: flexibele displays die permanent vervormen en niet terugkeren naar hun oorspronkelijke positie en elastische displays die tijdelijk vervormen en wel terugkeren naar hun oorspronkelijke positie. In het kader van deze scriptie leggen we onze focus op de laatste categorie: enerzijds omdat dit een veelvoorkomende manier blijkt te zijn en anderzijds omdat we dit elastisch display op een relatief eenvoudige manier zelf kunnen creëren. Namelijk, het enige materiaal dat hiervoor nodig is, is lycratextiel, een frame, een dieptecamera of Microsoft Kinect en een projector.

Uit onderzoek van Troiano, Hornbæk en Pedersen (2015) is naar voren gekomen dat vervormbare interfaces nieuwe interactiemethoden aanbieden voor het maken en manipuleren van muziek. Uit dit onderzoek (Troiano et al., 2015) constateerden de onderzoekers dat vervormbare interfaces gezien worden als expressief en dat de vervormbare interfaces bij de onderzochte muzikanten de indruk achterlieten dat ze het 'geluid in de hand hebben'. Ook is gebleken dat de vervormbare interfaces het eenvoudiger maken muzikale *mappings* te onthouden dan reguliere muziek interfaces (Troiano et al., 2015).

Walther et al. (2013) veronderstelden gelijkerwijs dat het organische en speelse gevoel van vervormbare interfaces de technische mechanismen van muziek eenvoudiger maken. Directe interactie met vervormbare interfaces staat complexere interacties zoals *push*, *sliding* en *squeezing* toe, die aangewend kunnen worden om vorm aan geluiden en ritmes te geven (Walther et al., 2013).

## Onderzoeksvraag

Omdat interacties op 2D-displays beperkt blijven tot interacties op de lengte- en de breedte-as of tot imitaties van 3D-interacties, is het interessant om onderzoek te doen naar displays voor 3D-data. In functie van deze scriptie wordt een elastisch, vervormbaar display gehanteerd om het onderzoek op uit te voeren. Daarnaast veronderstellen Troiano et al. (2015) en Walther et al. (2013) dat vervormbare interfaces interessant zijn voor het creëren van speelse muzikale ervaringen.

Hieruit stroomt de onderzoeksvraag van deze scriptie:

**Welke interacties kunnen geëxploreerd worden op een elastisch, vervormbaar 3D-display en hoe kunnen deze interacties aangewend worden voor het creëren en manipuleren van muziek?**

Het doel van dit onderzoek is om te ontdekken hoe deze interacties technologisch uitvoerbaar zijn, hoe een vervormbaar display tot gestures- en interacties kan leiden en op welke manier dit vervormbaar display gebruikt kan worden om op een speelse en laagdrempelige manier muziek te creëren.

De bovenstaande onderzoeksvraag wordt in deze scriptie geprobeerd te beantwoorden door middel van een uitgebreid onderzoeks- en designproces. Het volgende hoofdstuk schetst een situatie van het onderzoeksveld van elastische displays. Hierna gaat Hoofdstuk 3 dieper in op de methodiek die aangewend wordt om het onderzoek binnen deze scriptie te staven. Vervolgens worden de 3 prototypes die tijdens het designproces tot stand zijn gekomen besproken. Tenslotte volgt een conclusie op de resultaten die verkregen zijn in het onderzoeksproces.

## 2. SITUERING BINNEN HET VAKGEBIED

Om het onderzoek te situeren binnen het vakgebied van elastische, vervormbare displays is onderstaande tabel geconstrueerd. Deze tabel is gedeeltelijk geïnspireerd door de tabel van Pedersen et al. (2014) maar is in deze scriptie geactualiseerd en aangevuld met recentere werken en onderzoeken. Aan de hand van desk-research is onderzocht welke interacties en gestures uit welk onderzoek tot stand zijn gekomen en met welke toepassing en hardware deze onderzoeken zijn uitgevoerd.

Onderzoek	Toepassing	Interacties	Hardware
ActiveCurtain (Larsen, 2015)	Pedagogie (snoezelen)	Push-gesture	Kinect
Firewall (Sherwood, 2013)	Kunst en muziek	Push-gesture	Kinect
The Deformable Workspace (Watanabe et al., 2008)	Vervorming 3D-objecten	Push-gesture Grab-gesture	IR-dots-array
The Kreek Prototype 2.0 (Höh, 2020)	Kunst	Push-gesture	Kinect
Depthtouch (Gründer et al., 2012)	Visualisatie van zwaarte-kracht	Pinch-gesture Pull-gesture Push-gesture	Kinect
Flexiwall (Müller et al., 2014)	Kunst en historische kaarten	Push-gesture Pull-gesture Tangibles	Kinect
ElaScreen (Song et al., 2013)	Multi-dimensionale exploratie van data	Push-gesture	Kinect
Obake (Dand & Hemsley, 2013)	Topografie navigatie van data	Push-gesture Pull-gesture Expand-gesture Warp-gesture	Diepte camera (niet-gespecificeerd welk merk)
The Khronos Projector (Cassinelli & Ishikawa, 2005)	Video- en afbeelding navigatie	Push-gesture	IR-dots-array
eTable (Kingsley, 2012)	FMRI-navigatie van de hersenen	Expand-gesture Push-gesture Rotate-gesture Grab-gesture	Kinect
Cloud Pink (Heo & Bang, 2013)	Kunst	Push-gesture	Kinect
Zoomable Product Browser (Müller et al., 2017)	Visualisatie multi-dimensionale data sets	Push-gesture Expand-gesture Select-gesture Pull-gesture	Kinect en Intel RealSense
BendableSound (Ortega, Cibrian & Tentori, 2015)	Pedagogie en muziek	Select-gesture Drag-gesture Pinch-gesture	Kinect
Shaping Sounds (Walther et al., 2013)	Muziek	Push-gesture Pull-gesture Rotate-gesture Tangibles	Kinect
Soak (Everyware, 2011)	Kunst	Push-gesture	Kinect

**TABEL 1:** Gerelateerd werk: interacties, toepassing en hardware (Pedersen et al., 2014).



Het analyseren van deze tabel en het bestuderen van overeenkomstig onderzoek heeft enkele zaken duidelijk gemaakt. Ten eerste hebben we opgemerkt dat een Kinect in dertien van de vijftien gevallen de hardware van keuze is. Enkel bij de oudere onderzoeken zoals The Khronos Projector (Cassinelli & Ishikawa, 2005) en The Deformable Workspace (Watanbe et al., 2008) is de IR-dots-array techniek gebruikt. Dit kan toegeschreven worden aan de commercialisatie van dieptecamera's zoals de Kinect, die het eenvoudiger maken om snel multi-touch in drie dimensies te detecteren (Pedersen et al., 2014).

Vervolgens constateerden we dat de toepassingen van de vervormbare displays uiteen liggen. Het kan verschillen van een artistieke invulling zoals Flexiwall (Müller et al., 2014) tot het visualiseren van complexe data structuren in Elascreeen (Song et al., 2013). Desondanks is opgemerkt dat drie van de vijftien projecten een muzikale invulling aan hun elastisch display gaven, wat de relevantie van dit project aantoont.

Aansluitend hierop is opgemerkt dat veertien van de vijftien projecten gebruikmaken van een push-gesture en dat acht van de vijftien besproken projecten aan meerdere multi-touchinteracties vorm geven. Hieruit is geconcludeerd dat het creëren van multi-touch voor dit onderzoek een vereiste is, zodat het op hetzelfde niveau geklasseerd kan worden.

Ondanks dat Shaping Sounds (Walther et al., 2013) en Obake (Dand & Hamsley, 2013) over veel interacties beschikken, maken deze onderzoeken gebruik van tangibles die onder het display liggen om de vorm van het display te manipuleren, waardoor enkel op beperkte locaties met het display geïnterageerd kan worden.

Hieruit hebben we tenslotte afgeleid dat de State of the Art projecten hoofdzakelijk de Zoomable Product Brower (Müller et al., 2017), de eTable (Kingsley, 2012) en Flexiwall (Müller et al., 2014) zijn, omdat deze projecten over de meest complexe interacties beschikken en deze interacties ook op de meest effectieve manier utiliseren. Deze projecten zijn bijgevolg de projecten waaraan we ons binnen dit onderzoek willen spiegelen.



**FIG. 3:** The Zoomable Product Brower (Müller et al., 2017).

## 3. METHODOLOGIE

Om de onderzoeksvraag van deze scriptie te beantwoorden, is de Research Trough Design (RtD) methode centraal gesteld. RtD is een onderzoeksbenadering voor het uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek dat de methoden, de gebruiken en processen van *design practice* gebruikt, met als doel nieuwe kennis genereren (Zimmerman & Forlizzi, 2014). RtD vraagt van de onderzoekers om de speculatieve toekomst te onderzoeken en om uit te zoeken wat de wereld zou kunnen en moeten zijn (Zimmerman & Forlizzi, 2014).

Zimmerman en Forlizzi (2014) schrijven dat vijf simpele stappen gevolgd moeten worden om een RtD-onderzoeksproject uit te voeren. Deze stappen zijn als volgt:

1. selecteren;
2. design;
3. evalueren;
4. reflecteren en verspreiden;
5. herhalen.

De eerste stap is het **selecteren** van een probleemstelling die het waard is om te onderzoeken (Zimmerman & Forlizzi, 2014). De onderzoekers moeten beslissen of ze zich willen concentreren op een probleem of een ontwerpkan. In deze scriptie wordt uitgegaan van de volgende probleemstelling: 'Interacties op veelvoorkomende flat-displays zijn beperkt tot 2D-interacties of tot imitatie van 3D-interacties'. Deze probleemstelling geeft dus een ontwerpkan voor het creëren van een 3D-display om daar interacties op te exploreren.

Zodra er een selectie gemaakt is, kan het team beginnen met de tweede stap: het **design**. Zimmerman en Forlizzi (2014) stellen voor eerst een literatuuronderzoek te doen naar State of the Art werk om de vragen en de zorgen van andere onderzoekers binnen het vakgebied te begrijpen. In deze scriptie is dit gerealiseerd met een tabel met het gerelateerde werk uit het vakgebied van elastische displays (Hoofdstuk 2). Deze verworven theoretische kennis heeft als inspiratiebron voor de creatie van nieuwe concepten en ideeën gediend en heeft inzicht gegeven in welke interacties eerder onderzocht zijn en wat technisch mogelijk is.

Aansluitend op dit literatuuronderzoek kan verder gegaan worden door veldwerk uit te voeren, door te spelen met nieuw materiaal of door ideeën te onderzoeken in de studio (Zimmerman & Forlizzi, 2014). In het kader van deze scriptie doen we dit onderzoek concreet door middel van het exploreren van iteratieve prototypes in de studio (Hoofdstuk 4). Een iteratief ontwerpproces is een proces van voortdurende verbetering van een concept, prototype of product. Het is een cyclische aanpak voor de ontwikkeling van een product waarbij een ontwerp wordt verbeterd door veelvuldig testen, feedback, prototypetesten en evaluatie tot een ontwikkeld ontwerp is bereikt (Ryan, 2016).

De volgende stap is het **evalueren** van de prototypes. Deze evaluatie is gebaseerd op de RtD-methode gekozen door de onderzoekers. In het kader van deze scriptie is dat de *showroommethode*. Bij de showroommethode wordt een werkend prototype geïnstalleerd in een galerie of op een andere plaats, waar mensen buiten het onderzoeksteam het ontwerp kunnen ervaren (Zimmerman & Forlizzi, 2014). In functie van deze scriptie is dit gecombineerd met gemodereerde usertesting en participerende observatie.

Bij een gemodereerde user test zit de moderator naast de testdeelnemer terwijl hij vragen stelt. Deze methode heeft als voordeel dat de moderator de gebruiker aanvullende vragen kan stellen op basis van wat hij of zij op een bepaald moment doet (Aerts, n.d.) Hierdoor wordt een beter inzicht in het gedrag van de gebruikers verkregen (Aerts, n.d.). Tijdens het designproces van de drie prototypes zijn zo vroeg mogelijk enkele gemodereerde user tests (N = 4) opgezet, zodat de input en feedback van gebruikers vroeg in het designproces geïmplementeerd konden worden.

Aan het einde van het designproces zijn de drie prototypes door middel van de hierboven ver-noemde showroom methode elk afzonderlijk aan een finale, gemodereerde user test onderworpen. Deze finale user test is gecombineerd met participerende observatie. Bij participerende observatie maakt een observator deel uit van de opzet waarin het gedrag van mensen bestudeerd wordt (Dingemanse, 2016). We plaatsten ons als onderzoekers tussen de gebruikers, zodat we informatie konden verschaffen of vragen konden stellen, terwijl we de manier waarop gebruikers met de prototypes interageerden, observeerden.

Deze finale, gemodereerde user tests zijn in combinatie met participerende observatie op de volgende design criteria geëvalueerd:

1. Affect: hierbij zijn vragen gesteld en is de mate waarin gebruikers het werken met het prototype plezierig vonden, bepaald.
2. Learnability: hierbij zijn vragen gesteld en bepaald hoe eenvoudig gebruikers het vonden de interface te leren.
3. Toepassing: hierbij zijn vragen gesteld over wat de gebruikers van de context van het display vonden.
4. Interacties: hierbij zijn vragen gesteld over de interacties en is bepaald hoe gebruikers deze interacties implementeerden.
5. Intuïtiegehalte: hierbij is bepaald hoe de gebruikers zonder na te denken met het prototype interageerden.

De vragen:

Affect:

1. Vonden jullie het aangenaam om met het prototype te interageren?
2. Waren er irritaties tijdens het gebruik van het prototype?

Learnability:

3. Vonden jullie het eenvoudig om met het prototype te interageren?
4. Was het eenvoudig om te leren hoe je met het prototype kunt interageren?
5. Zouden jullie dezelfde stappen nogmaals kunnen uitvoeren?

Toepassing:

6. Wat vonden jullie van de context van het display?
7. Welke context zouden jullie zelf aan het display toeschrijven?

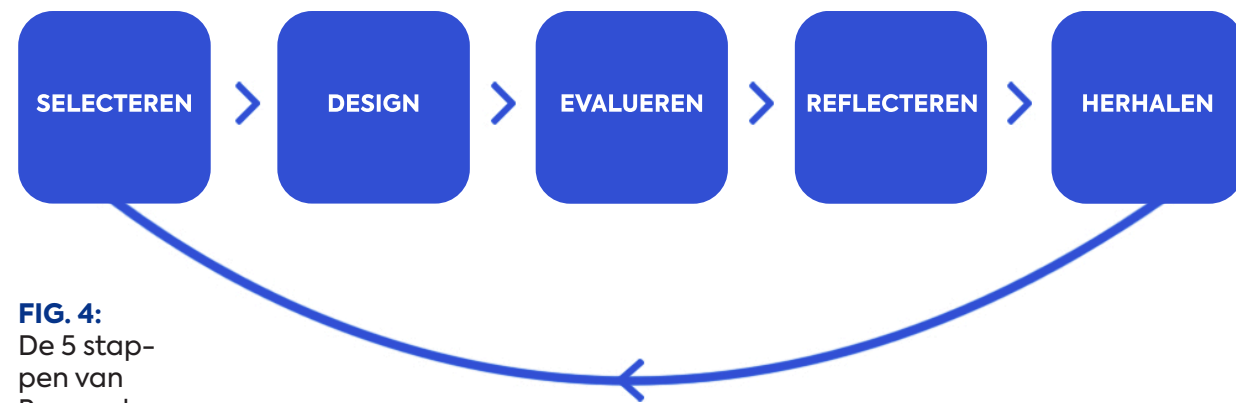
Interactiegehalte:

8. Wat is jullie mening over de interacties?
9. Vinden jullie de interacties eenvoudig om uit te voeren?
10. Zijn de gekozen interacties logisch of zouden jullie ze op een andere manier uitvoeren?

Deze design criteria en vragen zijn enerzijds opgesteld met informatie uit de literatuurstudie naar het gerelateerde werk, en anderzijds met overeenkomstige informatie uit de designcriteria gebruikt in de Software Usability Measurement Inventory (SUMI), van de College Cork Universiteit (Holyer, 1993). We hebben deze design criteria zelf opgesteld, omdat huidig nog geen gestandaardiseerde kaders voor het beoordelen van vervormbare displays bestaan (Alexander et al., 2013).

Aansluitend op de evaluatie is het volgens Zimmerman en Forlizzi (2014) aan de onderzoekers om te **reflecteren** over wat ze hebben geleerd en vervolgens te werken aan de verspreiding van het onderzoek. Verspreiding kan plaatsvinden in vorm van publicatie in peer-reviewed locaties, zoals conferenties of tijdschriften. Het kan ook de vorm aannemen van een video of demonstratie. In functie van deze scriptie zijn voor het laatste prototype een demonstratievideo en een productvideo geconstrueerd, om de resultaten van het onderzoek aan een groter publiek te tonen.

De laatste stap in het onderzoeksproces is volgens Zimmerman en Forlizzi (2014) het **herhalen**. Koskinen et al. (in Zimmerman & Forlizzi, 2014) hebben opgemerkt dat RtD-onderzoekers die de beste onderzoeksresultaten voorleggen, dit doen door herhaaldelijk dezelfde situatie te onderzoeken. Deze laatste stap komt in deze scriptie voor in het iteratief ontwerpproces, waarbij steeds verder ingewerkt is op de prototypes door dezelfde evaluatie- en designprocedures te herhalen.



**FIG. 4:**  
De 5 stappen van Research Through Design.

# 4. DESIGNPROCES



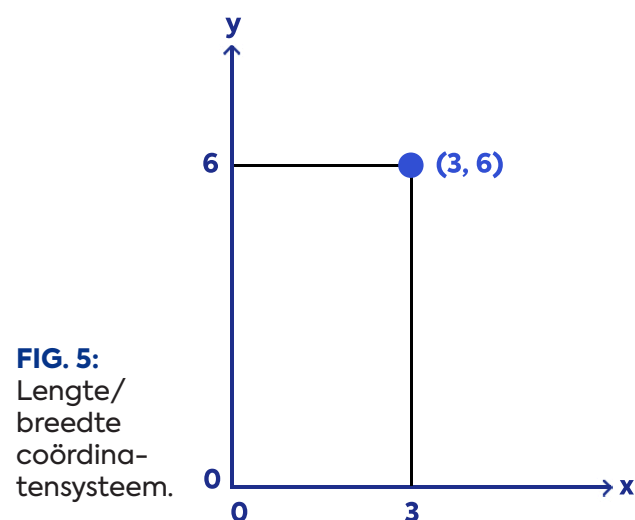
# Het elastische 3D-display

Volgens Müller et al. (2017) staat de term elastische displays voor toestellen waarvan de vervorming van het oppervlakte gebruikt wordt voor interactie. Deze displays maken het mogelijk om directe manipulatie te combineren met sensorische feedback (Müller et al., 2017). De technische setup van elastische displays bestaat hoofdzakelijk uit drie onderdelen: het materiaal, de projectie en de tracking (Gründer et al., 2013).

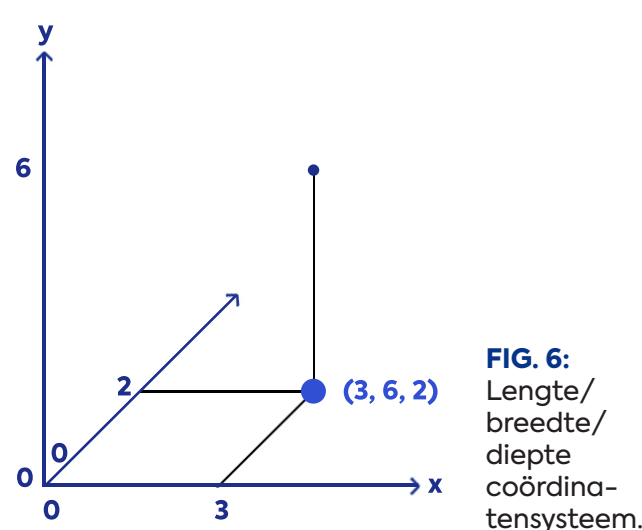
In functie van deze scriptie zijn twee displays geconstrueerd: een prototypedisplay (90cm x 90cm) dat gehanteerd is voor prototyping, en een presentatiedisplay (160cm x 100 cm) dat grotendeels gehanteerd is voor het presenteren van de prototypes. De materiaal keuze voor deze displays bestaat uit elastisch lycrastof dat rondom een houten frame is gespannen, waarvan de witte kleur noodzakelijk is voor het doorlaten van de projectie. In het kader van deze scriptie zijn projecties langs de achterkant gehanteerd, omdat dit gebruikelijk is en als voordeel heeft dat de gebruikers de projectie niet kunnen bedekken met de schaduw van hun hand (Pedersen et al., 2014).

Uit het gerelateerd werk is vernomen dat andere onderzoekers binnen het vakgebied de Microsoft Kinect dieptecamera verkiezen als apparaat voor het tracken van de interacties op een elastisch display. Deze Kinect beschikt over een infrarood lichtbron, die de omgeving belicht en over een sensor die de weerkaatsing opvangt (Hulsebosch, 2010). Uit de vergelijking van beide wordt een dieptebeeld van de omgeving geconstrueerd (Hulsebosch, 2010). In dit onderzoek wordt deze Kinect bijgevolg ook gehanteerd om een dieptebeeld van het elastisch display te creëren. De Kinect stuurt deze informatie door naar Processing (Reas & Fry, 2001), een opensourceprogramma dat toestaat via dit dieptebeeld interacties te meten en om te zetten naar visualisaties. De volledige opstelling van het display met de Kinect en de projector staat afgebeeld in Figuur 7.

Het tracken van interacties op een elastisch display aan de hand van een dieptecamera zoals de Kinect verschilt met het tracken van interacties op een flat-display. Een flat-display maakt gebruik van hetzelfde lengte/breedte coördinatensysteem, zoals afgebeeld in Figuur 5. Het flat-display scant naar contactpunten over de breedte-as en de lengte-as en weet vervolgens op welke locatie het wordt aangeraakt (Pedersen, 2014). In Figuur 5 zijn deze locaties respectievelijk nummer 3 op de breedte-as en nummer 6 op de lengte-as. Een elastisch display scant daarentegen over de breedte-, de lengte- en de diepte-as (Figuur 6) en stuurt hiervan de drie locaties door, in dit geval (3, 6, 2) (Pedersen, 2014). Door het toevoegen van een extra diepte-as worden bijkomende contactpunten verkregen, waarop interacties geëxploreerd kunnen worden. Er worden bovendien niet enkel de precieze afmetingen van het contactpunt verkregen, maar ook alles wat ervoor of erachter in de 3D-ruimte gevonden wordt.



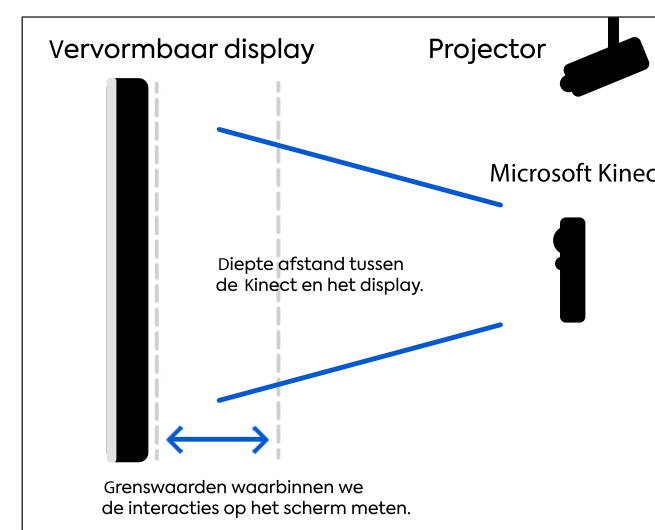
**FIG. 5:** Lengte/breedte coördinatensysteem.



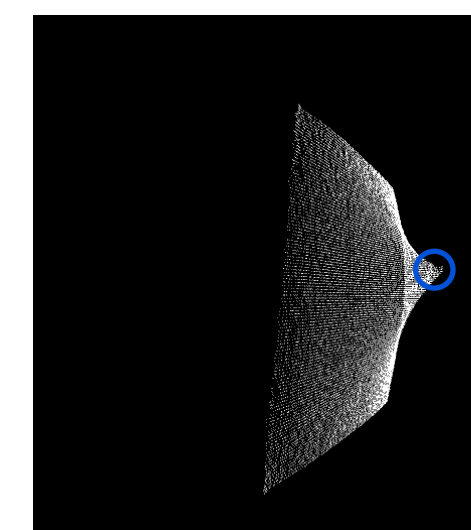
**FIG. 6:** Lengte/breedte/diepte coördinatensysteem.

De tracking wordt in processing gerealiseerd door twee grenswaarden of thresholds in te stellen (Figuur 7). Alle data die tussen deze twee grenswaarden valt wordt met behulp van de dieptecamera ingekleurd. Hierdoor worden *blobs* (Binary Large Objects) verkregen en van deze blobs wordt het gemiddelde punt berekend waardoor de positie van de vinger op het doek gelokaliseerd kan worden. Figuur 8 visualiseert met een pointcloud hoe de Kinect een dieptebeeld van het display maakt en de data in 3D uitleest. De blauwe cirkel toont waar de vinger zich op het doek bevindt. Hierbij is te zien dat de vervorming van het doek aanzienlijk is: het aanraken met één vinger beïnvloedt de algemene vorm van het oppervlak en vervorming voor elke aanraking afzonderlijk is gecompliceerd (Benko, Bacim & Sinclair, 2012).

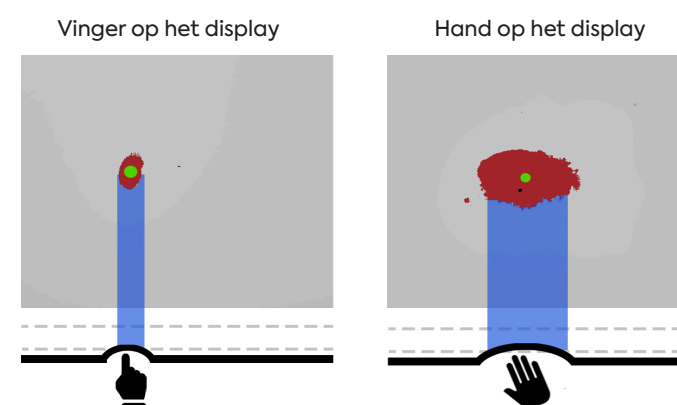
Het detecteren en tracken van gestures en oppervlaktevervorming op een elastisch scherm is ingewikkeld (Pedersen et al., 2014) en is het belangrijkste struikelblok in dit onderzoeksproces. Het elastische display dat zich tussen de Kinect en de gebruiker bevindt, zorgt namelijk voor verminderde trackingresolutie. We kunnen als gevolg geen gedetailleerde omtrek van de hand of vingers tracken of traceren, zoals in Figuur 10, en kunnen enkel via de grootte van de blobs een vinger of hand op het elastisch display onderscheiden (Figuur 9). De Kinect stuurt echter wel de gegevens van de omtrek en de gegevens van de lengte-, breedte- en diepte positie van de blobs en geeft ons hiermee de optie met deze gegevens creatief aan de slag te gaan om (nieuwe) interacties te exploreren.



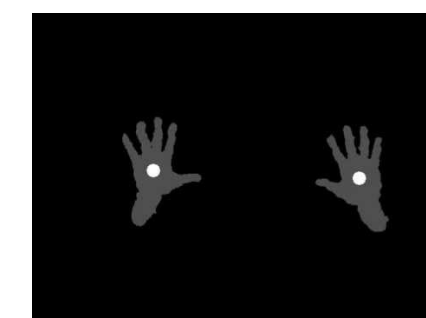
**FIG. 7:** Opstelling display met Kinect en grenswaarden.



**FIG. 8:** Pointcloud vervormbaar display met aanrakingspunt.



**FIG. 9:** Verschil tussen hand of vinger op het display.



**FIG. 10:** Traceren van handen zonder een vervormbaar display dat tussen de gebruiker en de Kinect staat.

# Lijst van onderzochte interacties

Gedurende het onderzoeks- en designproces van deze scriptie zijn vijf functionerende interacties tot stand gekomen, opgesomd in onderstaande lijst. Daarna wordt bij elk prototype besproken welke afzonderlijke interacties hierbij zijn onderzocht.

Tijdens het vervaardigen van de interacties is enerzijds teruggekoppeld naar de gehanteerde interacties van het gerelateerde werk en anderzijds gebruikgemaakt van de user-defined gestureset van Pedersen et al. (2014), om inzichten te geven in welke specifieke gestures en interacties gebruikers prefereren. Deze gestureset is hypothetisch gedefinieerd zonder het gebruik van interactieve prototypes maar bevat wel de gestures die gebruikers verkiezen en bekijkt hoe gebruikers elasticiteit en vervormbaarheid als input zouden gebruiken.

## 1. Push-gesture (over de diepte-as)

De eerste interactie die onderzocht is, is een push-gesture over de diepte-as. Bij deze interactie kan de gebruiker een hand of vinger dieper in het display duwen om met het display te interageren. Uit de situering in het vakgebied hebben we opgemaakt dat veertien van de veertien besproken onderzoeken een push-gesture hanteerden. Bovendien bemerkten Pedersen et al. (2014) gelijkerwijs dat een push-gesture met achttien procent de meest voorkomende gesture is. Hieruit is geconcludeerd dat dit een belangrijke interactie is en dus in het kader van deze scriptie niet kan ontbreken. Deze push-interactie is bovendien uniek voor elastische displays omdat deze interactie fysiek onmogelijk op een flat display valt uit te voeren.

Bij deze interactie wordt op verschillende dieptelagen een verscheidenheid aan objecten of acties geplaatst, die verschijnen bij het dieper induwen van een hand of een vinger op het display. Bij onderstaande Figuur 11 wordt op verschillende dieptelagen het rode vierkant met een blauwe en groene kleur gevuld. Als de vinger weer verwijderd wordt, keert het display terug naar zijn oorspronkelijke staat, zoals afgebeeld in de eerste stap van Figuur 11.

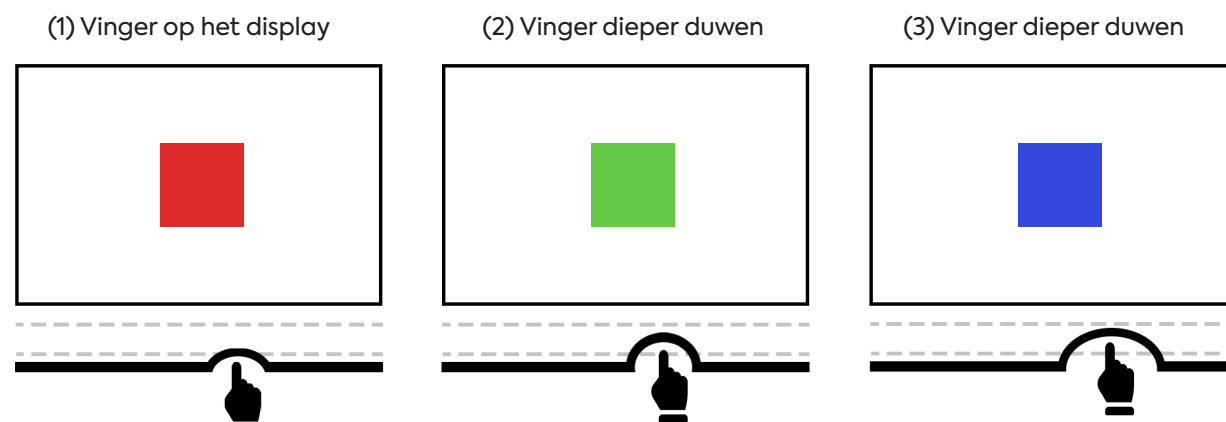


FIG. 11: Push-gesture.

## 2. Selecteren en verplaatsen (terwijl gebruikgemaakt wordt van de diepte-as)

Bij deze interactie wordt een 2D-object op het display aan de hand van een 3D-interactie geselecteerd en verplaatst. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de dieptelaag als grenslaag om iets over het scherm te verplaatsen. Als een vinger of hand een bepaalde dieptelaag overschrijdt, wordt in het geval van Figuur 12 het vierkant groen. Zodra het vierkant groen is en de vinger op dezelfde dieptelaag wordt gehouden, kan de gebruiker het vierkant verplaatsen. Als de gebruiker het vierkant wilt loslaten moet hij ervoor zorgen dat hij de grenswaarden niet meer overschrijdt.

Uit de gestureset (Pedersen et al., 2014) is gebleken dat zeventig procent van de participanten verkozen via hun index vinger een enkel object te selecteren. Vanwege deze bevindingen werd in het kader van deze scriptie gelijkerwijs besloten de index vinger te hanteren voor het selecteren en verplaatsen van objecten.

Verder kan deze interactie ook beschouwd worden als een vervanger van de eerder besproken tijdgerelateerde interacties op Appletoestellen. Hierbij legt iemand een vinger voor een langere tijd op het scherm en probeert het Appletoestel een 3D-interactie te imiteren. Met deze nieuwe manier van selecteren en verplaatsen trachten wij echter deze tijdgerelateerde interacties overbodig te maken, door de diepte-laag van het elastisch display op een creatieve manier aan te wenden en een authentieke 3D-interactie te creëren.

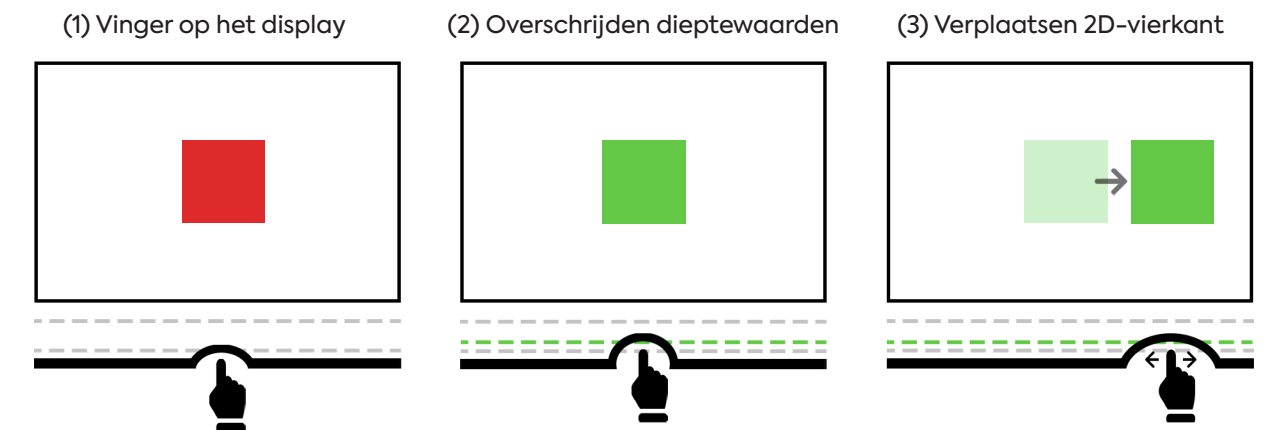


FIG. 12: Selecteren en verplaatsen.

## 3. Hand- of vingerdetectie

Door de gemiddelde grootte en de diepte van de blobs te berekenen, kan binnen bepaalde grenswaarden een hand of een vinger op het display gedetecteerd worden. In Figuur 13 wordt eerst gedetecteerd als een hand of vinger op het display ligt. Zodra een hand wordt waargenomen, krijgt het vierkant een groene kleur, wat aangeeft dat het vierkant verplaatst kan worden. Uit de gestureset (Pedersen et al., 2014) is gebleken dat een *drag-with-whole hand* verkozen wordt om te navigeren en te browsen, terwijl een *drag-with-index-finger* verkozen wordt om objecten te verplaatsen. Dit is de enige interactie die niet binnen een van de drie prototypes is aangewend, omdat deze interactie te gecompliceerd is om met andere interacties te combineren.

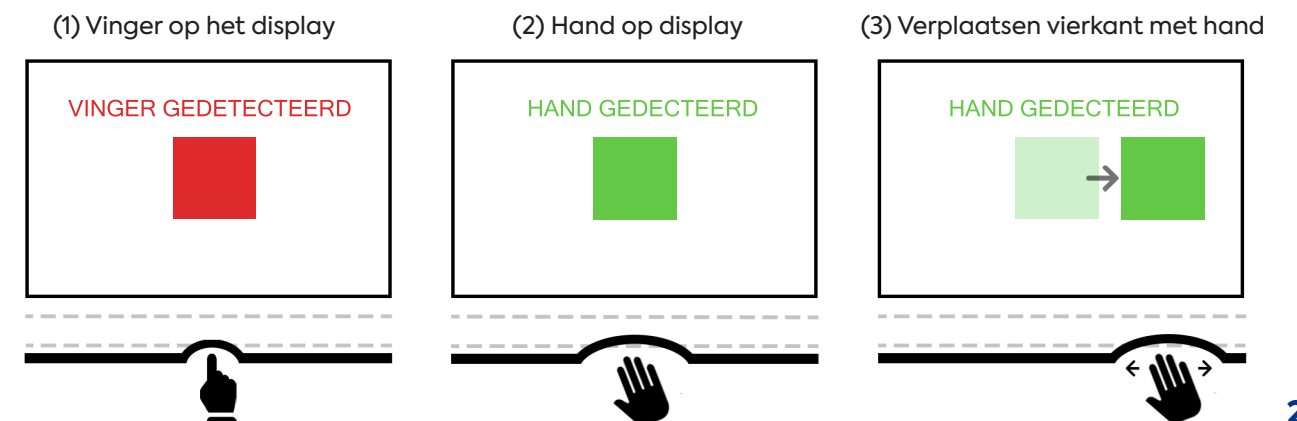


FIG. 13: Hand- of vingerdetectie.

#### 4. Expand

De eerste multi-touch interactie die geëxploreerd is, is het vergroten of verkleinen van een object. De afstand tussen de lengte- en breedtelocatie van twee aanraakpunten wordt berekend en deze gegevens worden omgezet om de grootte van het vierkant aan te passen. Als de vingers zo uit elkaar worden gebracht, wordt het vierkant groter, en als de vingers dicht bij elkaar worden gebracht, wordt het vierkant kleiner (Figuur 14).

Deze multi-touch manier van vergroten is geïnspireerd door gestures op multi-touch-flat-displays (Pedersen et al., 2014) en is daardoor eigenlijk een 2D interactie op een 3D-display. Pedersen et al. (2014) veronderstellen dat gebruikers verkiezen een object te vergroten door twee handen van elkaar weg te bewegen. Omdat gebruikers deze manier van vergroten prefereren werd besloten om deze expand-interactie bijgevolg op dezelfde manier te construeren.

Omwille van het uitgebreide onderzoek in deze interactie, werd een manier bedacht waarop van deze 2D-interactie een 3D-interactie gemaakt kan worden. Als de slechte trackingresolutie buiten beschouwing kan worden gelaten, zou het bijvoorbeeld mogelijk zijn om twee soorten expands te construeren die elk op hun eigen dieptelaag voor een andere vervorming zouden zorgen. De expand op de eerste dieptelaag zou bijvoorbeeld op dezelfde manier als de hierboven besproken expand kunnen werken, terwijl een expand op de tweede dieptelaag het vierkant uit elkaar zou laten splitsen als een alternatief voor het vergroten (Figuur 15).

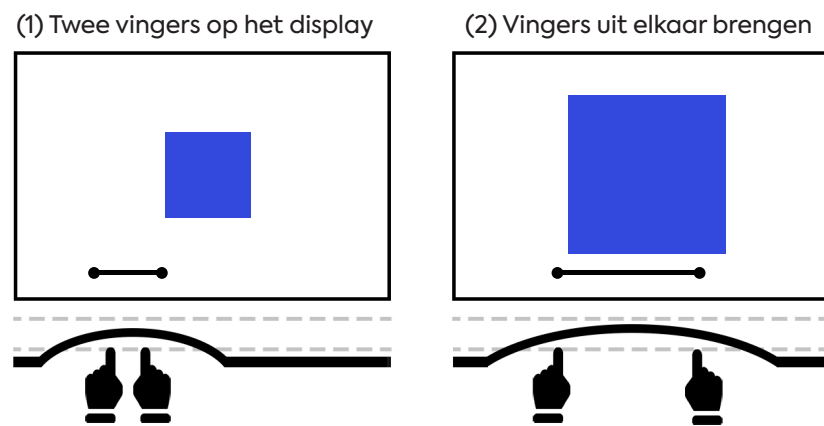
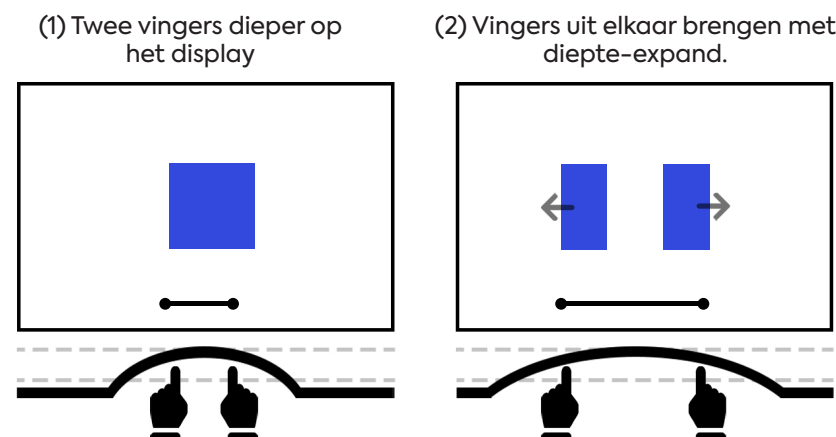


FIG. 14:  
Expand.

FIG. 15:  
Hypothetische  
diepte-expand.



#### 5. Rotate

De tweede en de laatste multitouchinteractie die onderzocht is, is het roteren van een object. Bij deze interactie wordt berekend hoe ver het tweede aanraakpunt rondom het eerste aanraakpunt roteert en worden deze gegevens omgezet in een rotatie van het vierkant. Het vierkant roteert door de vinger van de andere hand omhoog of omlaag over het display te verplaatsen (Figuur 16).

Deze interactie verschilt met de bevindingen van Pedersen et al. (2014), waarbij zevenenvertig procent van de participanten eerder verkiest om de pols als center van de rotatie te gebruiken om een object te roteren (Figuur 17). Na wat oefening kan de rotatie van Pedersen et al. (2014) nagebootst worden door met één hand de twee punten rond elkaar te roteren, maar dit is moeilijk te verwezenlijken, vanwege de eerder besproken slechte trackingresolutie. In dit geval botst de hypothetische gestureset (Pedersen et al., 2014) dus met de technische uitwerking van de prototype-interacties.

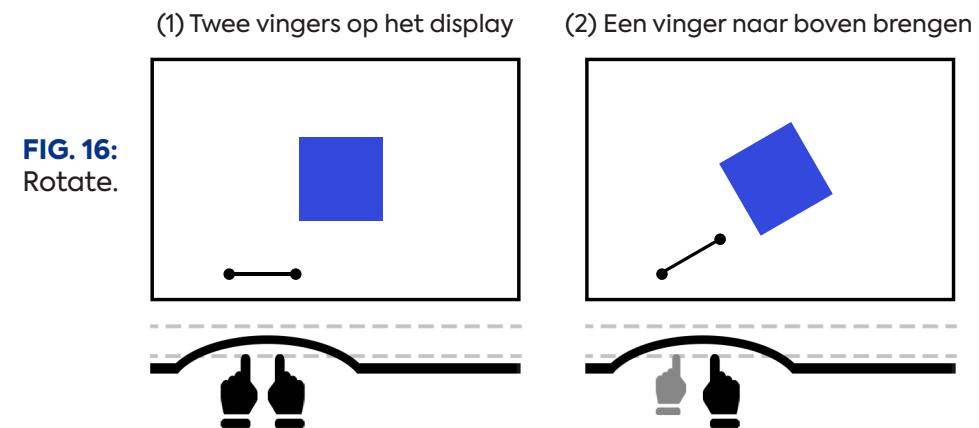


FIG. 16:  
Rotate.

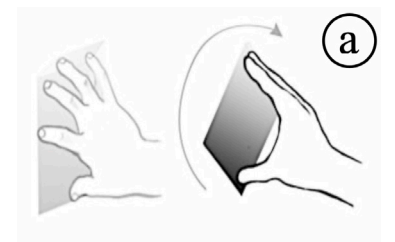


FIG. 17:  
Rotate met pols (Pedersen et al., 2014).

# Prototypes

## Prototype 1: Lightning Flash

In het kader van het eerste prototype staat een voorzichtige exploratie van het elastische display centraal. We wilden namelijk onderzoeken wat het toevoegen van die bijkomstige dieptelaag voor een interface kan betekenen. Vervolgens is uit het gerelateerd werk en uit de gestureset van Pedersen et al. (2014) geconcludeerd dat de push- interactie de meest voorkomende en meest verkozen interactie is. Hieruit is de doelstelling van het eerste prototype ontstaan: het exploreren van de dieptelaag als een aparte laag aan de hand van een push- interactie.

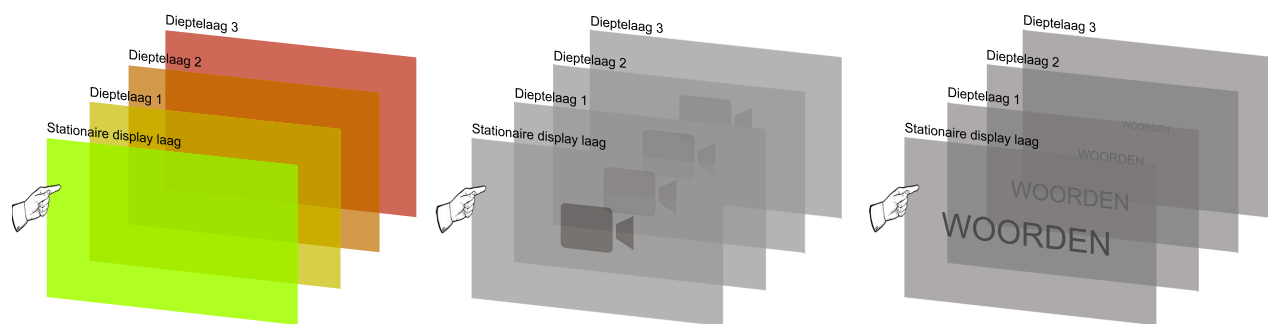
### Ideevorming

Elastische displays worden vanwege hun relatief eenvoudige manier van installeren en hun speelse karakter vaak voor artistieke installaties gebruikt (Groh, Gründer & Müller, 2015). Dit is bevestigd door het gerelateerde werk, waaruit gevonden is dat het Kreek Prototype 2.0 (Höh, 2020), Cloud Pink (Heo & Bang, 2013) en Soak (Everyware, 2011) een artistieke invulling aan hun display geven, terwijl ze een eenvoudige push- interactie over de diepte- laag exploreren. Deze drie werken liggen bovendien dicht bij de doelstellingen van het eerste prototype en functioneren daarom als inspiratiebron in het creatieproces hiervan.

Door middel van *rapid-prototyping* zijn in de *early-prototypingfase* drie artistieke concepten gerealiseerd. Het eerste concept is een gevoelsdoek, waarbij aan het display pijn- en plezier waarden zijn toegeschreven, die gecontroleerd zijn door de push- interactie. Ter illustratie, als iemand licht over het display streelt is een giecheltje van plezier te horen, en als iemand harder duwt verandert het giecheltje in een gevoel van ongemak tot zelfs een schreeuw van pijn. Dit is visueel versterkt aan de hand van een groen gekleurd display, dat geleidelijk naar een rode kleur verandert.

Het tweede concept bestaat uit een gedicht dat gevisualiseerd is door middel van videobeelden. Hierbij zijn verscheidende videobeelden op verschillende diepteniveaus gepositioneerd. Dit geeft de gebruiker de optie het gedicht op zijn eigen tempo te ontdekken. Deze videobeelden zijn auditief versterkt met het ingesproken gedicht.

Het derde en het laatste concept doet ook dienst in functie van een gedicht. Woorden van het gedicht zijn op verschillende dieptelagen gepositioneerd. Deze woorden worden kleiner naargelang iemand dieper duwt, zodat deze persoon uiteindelijk het einde van het gedicht niet kan achterhalen.



**FIG. 18:** De drie concepten: het gevoelsdoek, het gedicht met videobeelden en het gedicht met woorden.

Deze drie concepten zijn vroeg in het creatieproces van het eerste prototype via een gemodeerde user test (N = 4) aan de gebruikers voorgesteld. Vroege user testing vermindert het risico op falen en de enige effectieve manier om dit te realiseren is door gebruikers vanaf de aanvang bij het ontwikkelingsproces te betrekken (Rendulic, n.d.). Elk van de gebruikers was tijdens deze user test vrij om met het display te interageren en is achteraf enkele gerichte vragen gesteld, waardoor een beter idee is gekregen van welke richting gevolgd moest worden:

- Welk concept spreekt jullie het meeste aan?
- In welke van de 3 concepten zien jullie het meeste toekomst?

Het was een moeilijke beslissing voor de gebruikers, maar uiteindelijk is de keuze van de meerderheid op het tweede concept gevallen. Hun keuze ging hiervoor uit, omdat ze hier het meeste toekomst in zagen en omdat ze vonden dat hier het meeste beweging in terug te vinden was, vanwege de videobeelden. Ten slotte is in deze fase ook al de aanbeveling verkregen dat een duidelijke *call-to-action* of *trigger* aanwezig moet zijn om gebruikers te motiveren met het display te interageren. Groh et al. (2015) veronderstellen gelijkerwijs dat het motiveren van gebruikers om het display aan te raken een uitdaging is en daarom een kritiek punt in het designproces is.

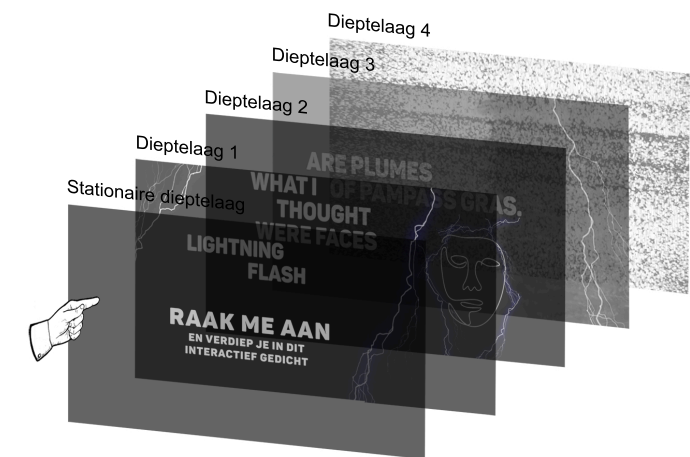
### Lightning Flash

Ten gevolge van de vroege usertestingfase is besloten het tweede concept verder uit te werken. Als invulling van dit prototype is gekozen voor het gedicht Lightning Flash van Matsuo Bashō (2006). Hiervoor is enerzijds gekozen, omdat het een korte haiku is waardoor minder dieptelagen gehanteerd moesten worden, en anderzijds, omdat dit gedicht passend gevisualiseerd kon worden. Het gedicht gaat als volgt:

**Lightning flash**  
What I thought were faces  
are plumes of pampas grass.

Aan de hand van videobeelden bewerkt in Adobe Premiere Pro en audiobestanden ingesproken door een professionele stemacteur, zijn de gebruikers door middel van een push- interactie een kans gegeven om zich letterlijk en figuurlijk in het gedicht te verdiepen. Deze videobeelden en audiobestanden zijn elk in volgorde op hun respectievelijke diepte- lagen gepositioneerd (Figuur 19).

Als de gebruikers hun vingers of handen dieper in het display duwden, verkregen ze van elke laag afzonderlijk de bijbehorende informatie (Figuur 20). Wanneer de gebruikers het display loslieten, keerde het display terug naar zijn oorspronkelijke, onvervormde toestand. Deze actie kan beschreven worden als een natuurlijke *undo-action*: bij het loslaten van het display wordt elke actie ongedaan gemaakt en keert de interface terug naar zijn oorspronkelijke staat (Müller et al., 2017). Om gebruikers te motiveren om met het doek te interageren was de eerste stationaire laag van het display ingevuld met de tekst 'Raak me aan en ontdek dit interactieve gedicht'.



**FIG. 19:** De verschillende dieptelagen van Lightning Flash.



De gebruikers moesten een aangenaam tempo vinden om het gedicht zowel te lezen als te horen. Als een gebruiker te vlug en te diep duwde, kwam hij namelijk al direct bij het einde van het gedicht uit, waardoor hij het hele plot van het gedicht miste. Dit is voor ons een poëtische knipoog naar de high-speedsamenleving waarin de mens op dit moment leeft.

Deze high-speedsamenleving kan voornamelijk in de media teruggevonden worden, waarmee we elke dag een ongelooflijk aantal aan beelden verwerken en bekijken. Vaak herinnert iemand de dag erna nog nauwelijks welke beelden hij zag of welke informatie hij onbewust heeft verwerkt, waardoor soms het plot voorbijgevlogen kan worden. Met dit interactief gedicht is geprobeerd deze sociale acceleratie te vloeren en heeft de kijker al doende geleerd dat hij op een rustig tempo het gedicht moet verkennen.

### Evaluatie

De evaluatie van het eerste prototype is aan de hand van een gemodereerde usertest (N = 9), gecombineerd met participerende observatie verlopen. Achteraf zijn aan de groep gezamenlijk de vragen als besproken in Hoofdstuk 3 gesteld. Elk van de gebruikers kreeg zonder instructies vooraf de kans om met het interactieve gedicht te interageren.

Uit observatie zijn we gewaargeworden dat de groep, ondanks de aanwezigheid van de call-to action, nog aarzelde om het display aan te raken. Zodra er echter een van de proefpersonen besloot om zijn hand op het display te leggen, volgde de rest van de gebruikers vlug. Vervolgens hebben we ook geobserveerd dat intuïtief gebruik van de push-interactie werd gemaakt. De interface had een eenvoudige werking en was daarom voor de gebruikers direct duidelijk. Hierdoor werd al snel met het display gespeeld en is geobserveerd dat de gebruikers eerder plezier haalden uit het snel duwen van hun handen in het display en het spelen met de geluidsbestanden, dan effectief naar het gedicht te kijken en te luisteren. De serieuze vertelstem heel snel achter elkaar de woorden te laten herhalen had een humoristisch effect op de groep. Het spelen was echter van korte duur en er is bemerkt dat de groep al na een korte tijd het interageren met het display afsloot.

Tussendoor is ook de vraag gesteld of de groep hard en diep in het display mocht duwen, omdat de gebruikers schrik hadden het display van de tafel af te stoten. Dit toont aan dat toch enige voorzichtigheid in de groep te bespeuren was en dat het positief was om als onderzoeker in de observatie te participeren om vragen te kunnen beantwoorden. Ondanks de eenvoud van de push-interactie zijn we gewaar geworden dat toch enkele gebruikers probeerden met twee handen tegelijk of met een vinger en een hand apart te duwen, om te kijken of ze een verschil in de interface konden waarnemen.



**FIG. 20:** Push-interactie voor Lightning Flash.

Uit de vragen achteraf is gebleken dat de groep de toepassing in orde vond, maar dat vooral het spelen met het auditieve en het visuele interessant was. Daarnaast vond de groep de push-interactie eenvoudig en intuïtief, maar merkten enkelen toch op dat ze gecompliceerdere interacties verwachtten. Hierbij werd opgemerkt dat de push-interactie natuurlijk aanvoelde en dat ze het een logische interactievorm vonden om de interface te besturen. Ten slotte was de learnability van het eerste prototype logischerwijs hoog, omdat de interface relatief eenvoudig in gebruik was. Dit is samengevat in onderstaande tabel:

Affect	Learnability	Toepassing	Interactiegehalte	Intuïtiegehalte
Aangename gebruikservaring, maar de groep was vlug uitgespeeld.	Hoge learnability.	De toepassing was in orde, maar het spelen met het auditieve en visuele werd vooral verkozen.	De push-interactie voelde natuurlijk aan maar was heel erg beperkt.	Hoog intuïtiegehalte, gebruikers gingen na een kleine aarzeling zonder na te denken met het prototype interageren.

**TABEL 2:** Evaluatietabel Lightning Flash.

Dit eerste prototype kon vergeleken worden met het Kreek Prototype 2.0 (Höh, 2020) omdat beiden onderzoeken enkel over een beperkte push-gesture over de diepte-as beschikken. Alhoewel dit eerste prototype een stap in de goede richting is, schiet het op gebied van interactie te kort. Enkel een push-interactie die aanzienlijk gelimiteerd is, is onderzocht, waardoor de learnability en het intuïtiegehalte hoog zijn, maar de gebruikers vlug uitgespeeld zijn.

**FIG. 21:** Lightning Flash.





FIG. 22: Lightning Flash.

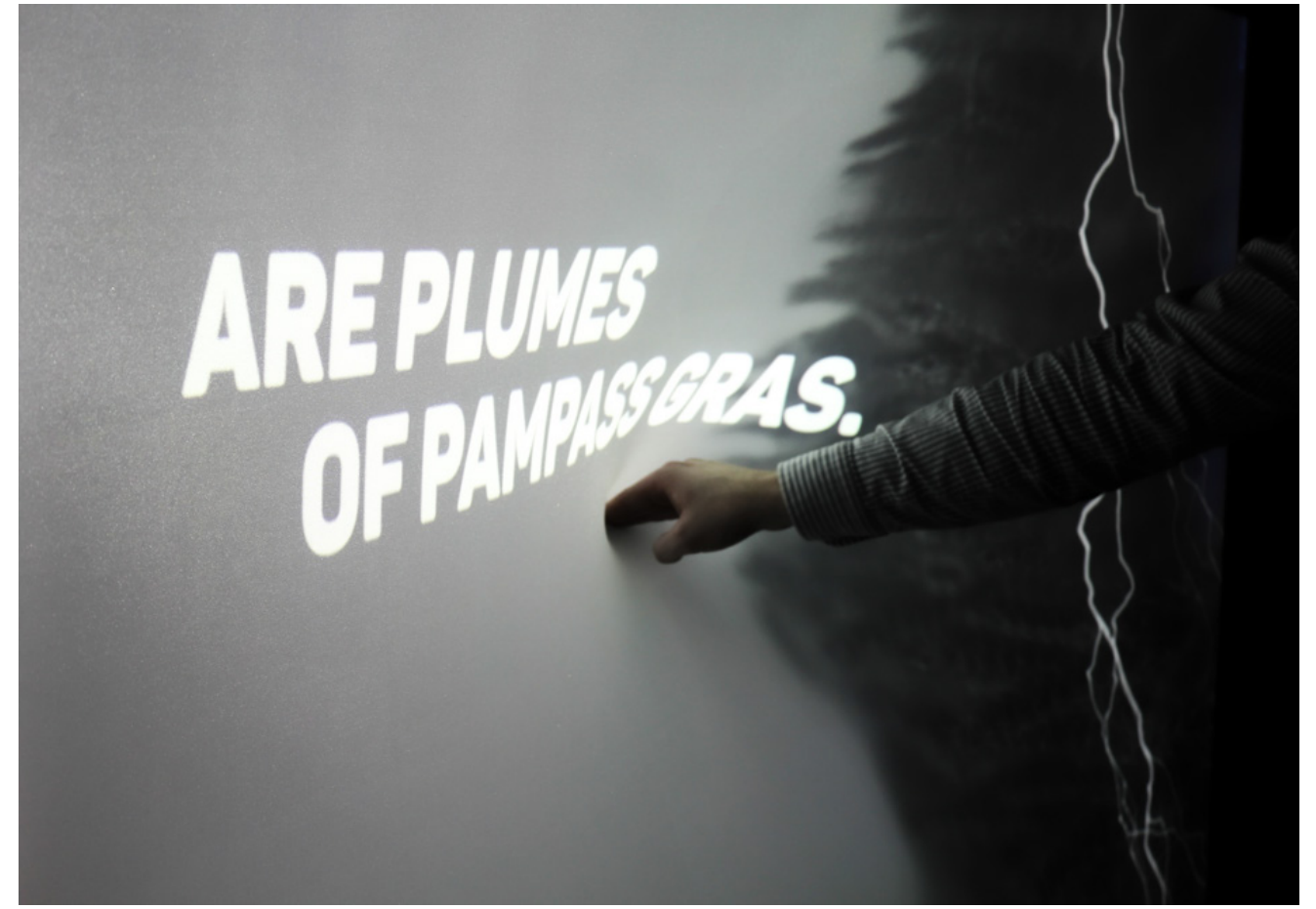


FIG. 24: Lightning Flash.



FIG. 23: Lightning Flash.



FIG. 25: Lightning Flash.



## Prototype 2: Het Muzikale Vierkant

Uit de user tests en evaluatie van het eerste prototype zijn enkele zaken ondervonden: de beknopte push-interactie over de diepte-as was te beperkt, de gebruikers waren vlug uitgespeeld en het spelen met geluid en beeld staken er voor de gebruikers bovenuit. Een manier waarop in het kader van het tweede prototype aanvullende interacties geëxploreerd kunnen worden, is door naast een push-gesture over de diepte-as ook een push-gesture over de lengte- en breedte-as toe te voegen. Hieruit stromen de doelstellingen voor het tweede prototype: het construeren van een interface waarbij de gebruiker zich met een push-gesture over de lengte-, breedte- en dieptelaag kan verplaatsen, terwijl hij visuele en auditieve ondersteuning ontvangt.

### Ideevorming

Uit het gerelateerde werk is geconcludeerd dat voornamelijk Firewall (Sherwood, 2013) dicht tegen de doelstellingen van het tweede prototype aanligt, omdat dit een kunstinstallatie is die de gebruiker toestaat door middel van een push-gesture muzikale interacties over de lengte-, breedte- en diepte-as te visualiseren en te manipuleren. Aangezien Firewall (Sherwood, 2013) zo dicht tegen de doelstellingen van het tweede prototype aanligt, is besloten dit werk als inspiratiebron aan te wenden in het creatieproces van het tweede prototype.

In het early-prototypingproces zijn drie visuele concepten bedacht, die door middel van *paper-prototyping* aan de gebruikers (N = 4) voorgelegd zijn. Paper-prototyping is nuttig, wanneer een team verschillende concepten moet verkennen en een keuze moet maken over welk concept het wil realiseren (Babich, 2018). Omdat de interacties bij elk van de concepten aan de hand van een push-gesture over de breedte-, lengte- en diepte-as zouden functioneren, zijn de gebruikers voornamelijk vragen over het visuele aspect gesteld. Aan hen zijn onderstaande vragen gesteld:

- Welke van de drie visuele concepten spreekt jullie het meeste aan?
- Welke van de drie visuele concepten lijkt jullie het duidelijkst?
- Welke van de drie visuele concepten vinden jullie meest aantrekkelijkst?

De meningen van de gebruikers waren verdeeld. Enkelen vonden het eerste concept het aantrekkelijkst (Figuur 27), terwijl anderen meer naar het tweede concept (Figuur 28) leunden. De algemene consensus bleek te zijn dat geen van de gebruikers voor het derde concept (Figuur 29) koos. Ten slotte besloot de groep dat het eerste concept er het verstaanbaarst uitzag, daarom hebben we de knoop doorgehakt en voor het eerste concept gekozen.

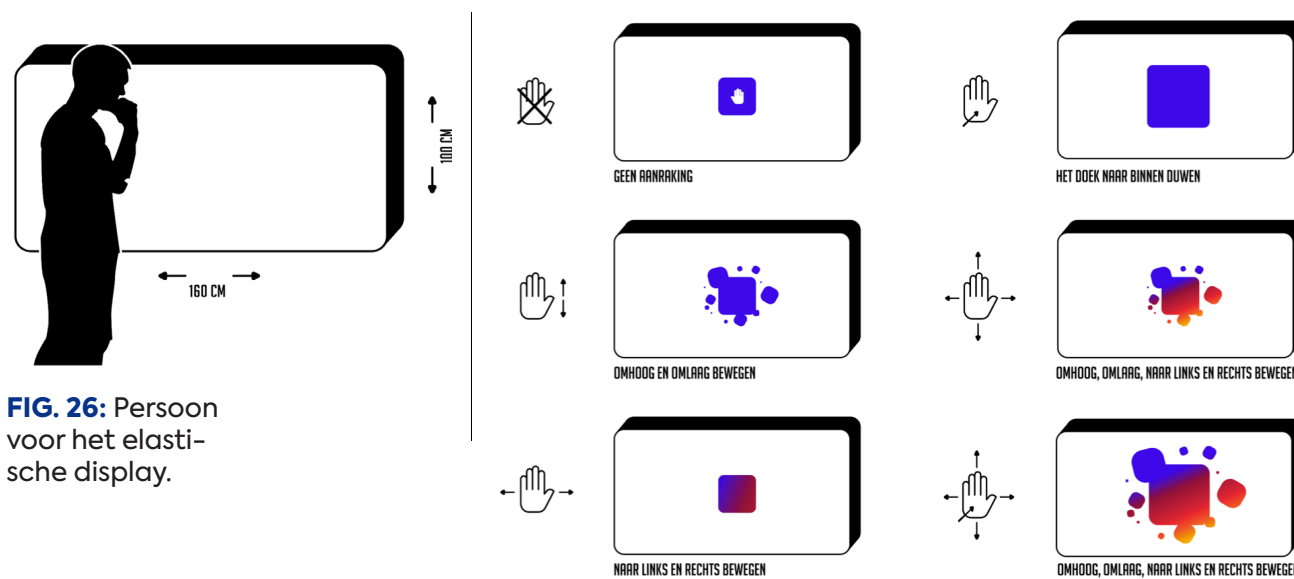


FIG. 26: Persoon voor het elastische display.

FIG. 27: Prototype 2: het eerste visuele concept.

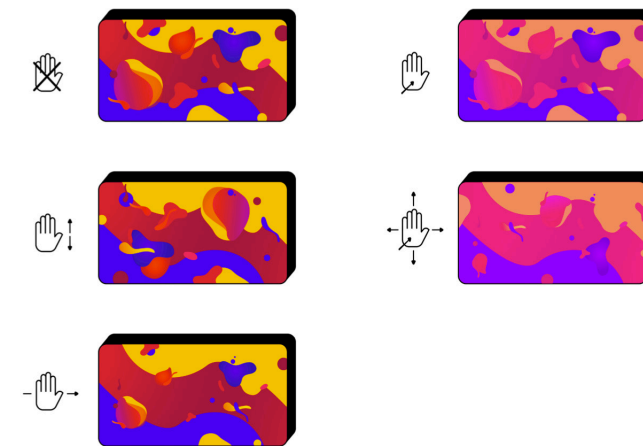


FIG. 28: Prototype 2: het tweede visuele concept.

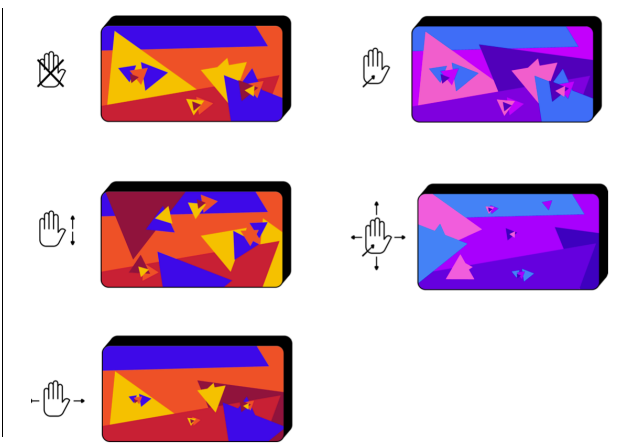


FIG. 29: Prototype 2: het derde visuele concept.

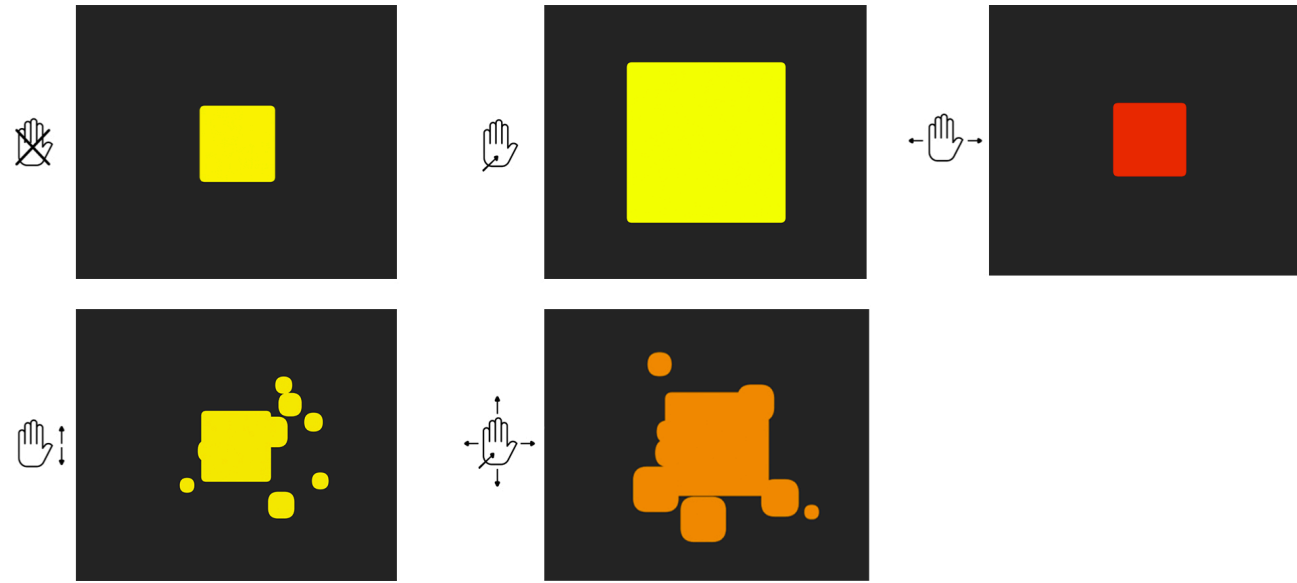
### Het Muzikale Vierkant

In kader van het tweede prototype is een muzikaal vierkant op het elastische display geconstrueerd. De interacties op dit vierkant zijn gecontroleerd aan de hand van een push-gesture over de lengte-, breedte- en diepte-as. De gebruikers kunnen zowel visueel als auditief met het vierkant interageren. Het koppelen van visuele feedback aan een audiobestand zorgt namelijk voor een vloeiende interactie en vereenvoudigt het creëren van muziek (Walther et al., 2013).

Het geluid op het display ontstaat aan de hand van audiosynthesizers. Synthesizers produceren geluid door een elektrisch signaal op te wekken dat door speakers wordt omgezet (Dijkman, n.d.). Het hart van de synthesizer en het startpunt voor het opwekken van een geluid is de oscillator (Dijkman, n.d.). Deze oscillators zijn in functie van het tweede prototype aan bewegingen met de hand over de lengte- en breedte-as gekoppeld. Een beweging over de lengte-as is evenredig met het veranderen van de frequentie van een sinusoscillator; een beweging over de breedte-as is evenredig met het veranderen van de frequentie van een pulse-oscillator. In het onderzoek van Troiano et al. (2015) verkozen twee participanten vorm bij elastische objecten volumeveranderingen te koppelen aan het indrukken van de objecten. Hierdoor is uiteindelijk besloten het verhogen van het volume te koppelen aan een push-gesture over de diepte-as.

Visueel zijn deze vervormingen in het geluid met vervormingen van het vierkant op het display versterkt. Een beweging over de diepte-as vergroot het vierkant, terwijl een beweging over de lengte-as extra vierkanten toevoegt en een beweging over breedte-as de kleur van het vierkant verandert (Figuur 30). Deze interacties kan de gebruiker combineren door tegelijkertijd verschillende locaties op het display af te tasten, terwijl hij het geluid van het display manipuleert.





**FIG. 30:** Prototype 2: Het Muzikale vierkant.

### Evaluatie

De evaluatie van het tweede prototype is net zoals bij het eerste prototype aan de hand van een gemodereerde usertest (N = 7) in combinatie met participerende observatie verlopen. Achteraf is de groep gebruikers wederom de vragen uit Hoofdstuk 3 gesteld. De gebruikers mochten zonder instructies vooraf met het display interageren.

Uit observatie zijn enkele zaken opgemerkt. Om te beginnen werden we gewaar dat tijdens dit evaluatiemoment de groep niet twijfelde om met het te display te interageren. Dit kan toegeschreven worden aan het meer inviterende ontwerp van het tweede prototype, maar is waarschijnlijk beter te verklaren door het feit dat het niet de eerste keer was dat deze groep gebruikers met een elastisch display interageerde. Het is daarom als onderzoeker belangrijk mee te nemen dat voor de usertesting van het laatste prototype een nieuwe testgroep opgesteld moet worden.

Daarnaast was de interface van het tweede prototype snel duidelijk voor de gebruikers. Ze begonnen harder en sneller op het display te duwen en te spelen met de verschillende auditieve en visuele interacties. De gebruikers vonden de interface aangenaam om mee te spelen en er waren geen irritaties te bespeuren. Ondanks dat iedereen gretig gebruik maakte van de push-interactie over de drie lagen, waren er wederom enkele gebruikers die zichtbaar meer interactie van het display verwachtten. Deze gebruikers gingen bijvoorbeeld met meerdere handen duwen, terwijl één persoon zelfs probeerde het doek langs de andere kant naar buiten te duwen. Tot slot is geobserveerd dat overeenkomstig met het eerste prototype de gebruikers relatief vlug het interageren met het display beëindigden.

Uit de vragen achteraf is gebleken dat de groep de toepassing meer vond passen dan bij het eerste prototype. Ook merkten de gebruikers op dat het een speelse manier van interageren was en hierdoor fijn en vlot aanvoelde. Verder vonden ze de interface iets te eenvoudig in gebruik en gaven enkelen de opmerking dat ze verwacht hadden meer met het vierkant te kunnen doen. De gekozen interactievorm was volgens hen logisch, maar wederom te beperkt om langdurig hun aandacht te kunnen vasthouden. De interface functioneerde namelijk telkens op dezelfde manier en was daarom eenvoudig om aan te leren, maar werd volgens de gebruikers hierdoor vlug eentonig. Deze feedback is samengevat in onderstaande tabel:

Affect	Learnability	Toepassing	Interactiegehalte	Intuïtiegehalte
Aangename gebruikservaring, maar de groep was wederom snel uitgespeeld: de interface werd vlug eentonig.	Hoge learnability.	De toepassing was in orde wat aantoont dat een elastisch display goed werkt voor het speels exploreren van muziek.	De interacties waren nog altijd te beperkt en de gebruikers verwachtten er meer van.	Heel hoog intuïtiegehalte: er werd niet getwijfeld en alles verliep natuurlijk.

**TABEL 3:** Evaluatietabel Het Muzikale Vierkant.

Müller et al. (2017) veronderstellen dat als men een gevoel van moeiteloze exploratie wilt bereiken, een elastische interface intuïtief en error tolerant moet zijn terwijl het verschillende vormen van manipulatie moet ondersteunt. Op deze criteria is het tweede prototype geslaagd waardoor het intuïtiegehalte en de learnability overeenkomstig met het eerste prototype hoog waren maar het interactie gehalte wederom te laag lag om gebruikers voor een langere periode met het prototype te laten interageren.

### Prototype 3: ElaSound

De derde en de laatste iteratie van de prototypes die tijdens het onderzoeks- en designproces tot stand is gekomen is het meest gecompliceerd. Uit de evaluaties en user tests van de vorige twee prototypes is geconcludeerd dat ondanks een hoog intuïtiegehalte en een hoge learnability de groep gebruikers vlug uitgespeeld is en dat ze de interacties gelimiteerd vinden. Deze interacties kunnen uitgebreid worden door additionele gestures te onderzoeken omdat gestures expressiviteit aan het systeem toevoegen (Groh et al., 2015). Omdat de toepassing van het tweede prototype door gebruikers verkozen is, is besloten om in het kader van deze scriptie met deze toepassing verder te werken. Hieruit is de doelstelling van het laatste prototype, die dicht tegen de centrale onderzoeksvraag aanligt, ontstaan: het onderzoeken van additionele gestures en interacties op het elastische display, die wederom worden aangewend voor het construeren en manipuleren van geluid en muziek.

#### Ideevorming

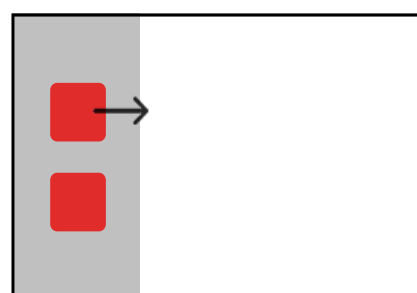
Uit de situering in het gerelateerd werk is vernomen dat acht van de vijftien onderzoeken aan meerdere multi-touch interacties vormgeven. Door onze interface gelijkertijds om te vormen van een single-touch interface naar een multi-touch interface, kunnen interacties zoals de eerder besproken expand en rotate aan het display toegevoegd worden. In combinatie met de eerder gebruikte push-gesture en de nieuwe manier van selecteren en verplaatsen, kan er een interface geconstrueerd worden die in het totaal over vier interacties beschikt.

Vervolgens stond Shaping Sounds (Walther et al., 2013) centraal als inspiratiebron in het creatieproces van het derde prototype. Bij Shaping Sounds (Walther et al., 2013) maken de onderzoekers gebruik van een elastisch display en tangibles onder het display die fysieke vormen creëren en verschillende muzikvormen vertegenwoordigen. Volgens Walther et al. (2013) kunnen gebruikers deze vormen activeren en manipuleren om muziek op een intuïtieve en speelse manier te verkennen. Hierdoor wordt er voor het laatste prototype ook gebruik van vierkante vormen gemaakt waar muzikale bewegingen aan gekoppeld zijn. Echter zijn in vergelijking met Shaping Sounds (Walther et al., 2013) er geen tangibles gehanteerd die onder het display liggen, omdat er in het kader van deze scriptie geen additionele inputvormen gehanteerd wilden worden.

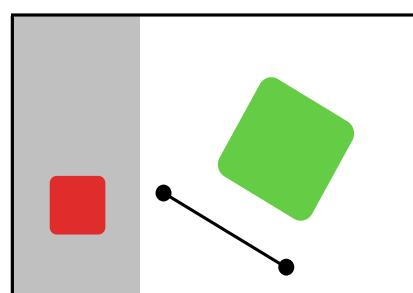
Er is een eenvoudige interface geconstrueerd die al in de early prototyping fase via een gemodereerde user test (N = 3) door gebruikers is uitgeprobeerd. Hierdoor is in een vroege fase al feedback van de gebruikers over de nieuwe interacties verkregen. Bij deze interface (Figuur 31) kunnen de gebruikers eenvoudigweg aan de linkerkant van de interface een vierkant kiezen dat ze door middel van de selecteren en verplaatsen interactie naar de rechterkant kunnen slepen om ermee te interageren. Het vierkant dat door de gebruikers is geselecteerd kunnen ze roteren en vergroten. Overeenkomstig met het tweede prototype zijn aan deze interacties vervormingen in het geluid van een oscillator gekoppeld. De expand interactie is aan een verhoging van de frequentie gekoppeld en de rotate interactie is aan een verhoging van de frequentie van een pulse oscillator gekoppeld. De gebruikers zijn tijdens de observatie onderstaande vragen gesteld:

- Wat vinden jullie van de drie nieuwe interacties?
- Zijn de interacties duidelijk en logisch?
- Wat vinden jullie van de muzikale interacties? Zouden jullie het aan een andere vervorming koppelen of juist niet?

(1) Selecteren en verplaatsen vierkant



(2) Roteren en vergroten vierkant



**FIG. 31:** ElaSound User Interface: eerste user test.

Omwillen van deze vroege user test werden enkele zaken duidelijk. Om te beginnen is geobserveerd dat de gebruikers het met deze nieuwe interacties waarneembaar moeilijker hadden in vergelijking met de eenvoudige push-interactie van de eerste twee prototypes. Hierdoor is een demonstratie over het gebruik van de interacties gegeven. Na deze demonstratie verliep het wel vlot en wisten de gebruikers vlug hoe ze met de interface moesten werken. Groh et al. (2015) veronderstellen gelijkertijds dat zodra gebruikers interactie gehad hebben met een elastische interface of andere mensen het hebben zien doen, ze de kernconcepten van het systeem vrij gemakkelijk begrijpen.

Over het algemeen vonden de gebruikers de gekozen interacties logisch en vonden ze het aangenaam om dit soort interacties op een ander soort display te kunnen verwezenlijken. Desondanks de interacties goed aanvoelden gaven de gebruikers wel mee dat ze een soort van indicator zoals een muis zouden willen, zodat ze beter zouden weten waar ze zich op het display bevinden. Vervolgens is door een gebruiker opgemerkt dat het fijn zou zijn om te weten wanneer men precies de rotate of de expand activeerde, omdat dit in deze fase niet waarneembaar was.

Over de muzikale interacties zijn enkele opmerkingen gegeven. Zo maakte een van de gebruikers duidelijk dat hij liever met muziekbestanden zou werken dan met oscillators omdat dit meer relateerbaar is. Vervolgens bemerkte een andere gebruiker dat hij het vergroten van een vierkant eerder zou koppelen aan het verhogen van het volume. Aan de hand van deze user feedback is het laatste prototype geconstrueerd.

#### ElaSound

Voor het laatste prototype is een user interface geconstrueerd waarbij gebruikers kunnen kiezen uit een lijst van 4 muzikale vierkanten aan de linkerkant van het scherm (Figuur 32). Als de gebruiker de vinger diep genoeg indrukt kan hij een van de vierkanten selecteren en verschijnt een vierkant met dezelfde kleur aan de rechterkant van het scherm. Aan deze vierkanten zijn muzikale geluiden gekoppeld die beginnen af te spelen zodra de gebruiker een vierkant activeert. Als de gebruiker een vierkant geselecteerd heeft kan hij dit vierkant bewerken met de rotate of expand interactie. Deze expand is vanwege de feedback van de vroege user test aan het verhogen van het volume van het muziekbestand gekoppeld. De rotate interactie is aan het verhogen van de frequentie van het muziekbestand gekoppeld.

Als de gebruiker een goed ritme en volume heeft gevonden kan hij ongelimiteerd andere vierkanten toevoegen om een melodie te creëren. Als de gebruiker een van de vierkanten liever verwijdert kan hij dat doen door het vierkant te selecteren en naar de vuilbak onderaan te slepen. Uit de vroege user test is vernomen dat een van de gebruikers graag zou weten wanneer hij een interactie activeerde. Hierdoor zijn feedback icons aan de interface toegevoegd die van kleur veranderen wanneer het selecteren, de expand of de rotate is geactiveerd. Om de gebruikers te motiveren met het doek te interageren, is een animatie van een vinger toegevoegd die demonstreert hoe gebruikers een vierkant op het display moeten slepen.

Verder is er nog een push-gesture toegevoegd die is gekoppeld aan de frequentie van alle aanwezige vierkanten op de rechterkant van het scherm. Als de gebruiker een vinger dieper in het display duwt versnelt de frequentie van alle actieve muziekbestanden. Dit is visueel versterkt met het kleiner worden en van kleur veranderen van de geselecteerde vierkanten. Tenslotte creëert elk van de gebruikers een unieke ervaring voor zichzelf, omdat ze zelf beslissen welke muzikale vierkanten ze willen gebruiken en op welke manier ze deze vierkanten willen manipuleren.

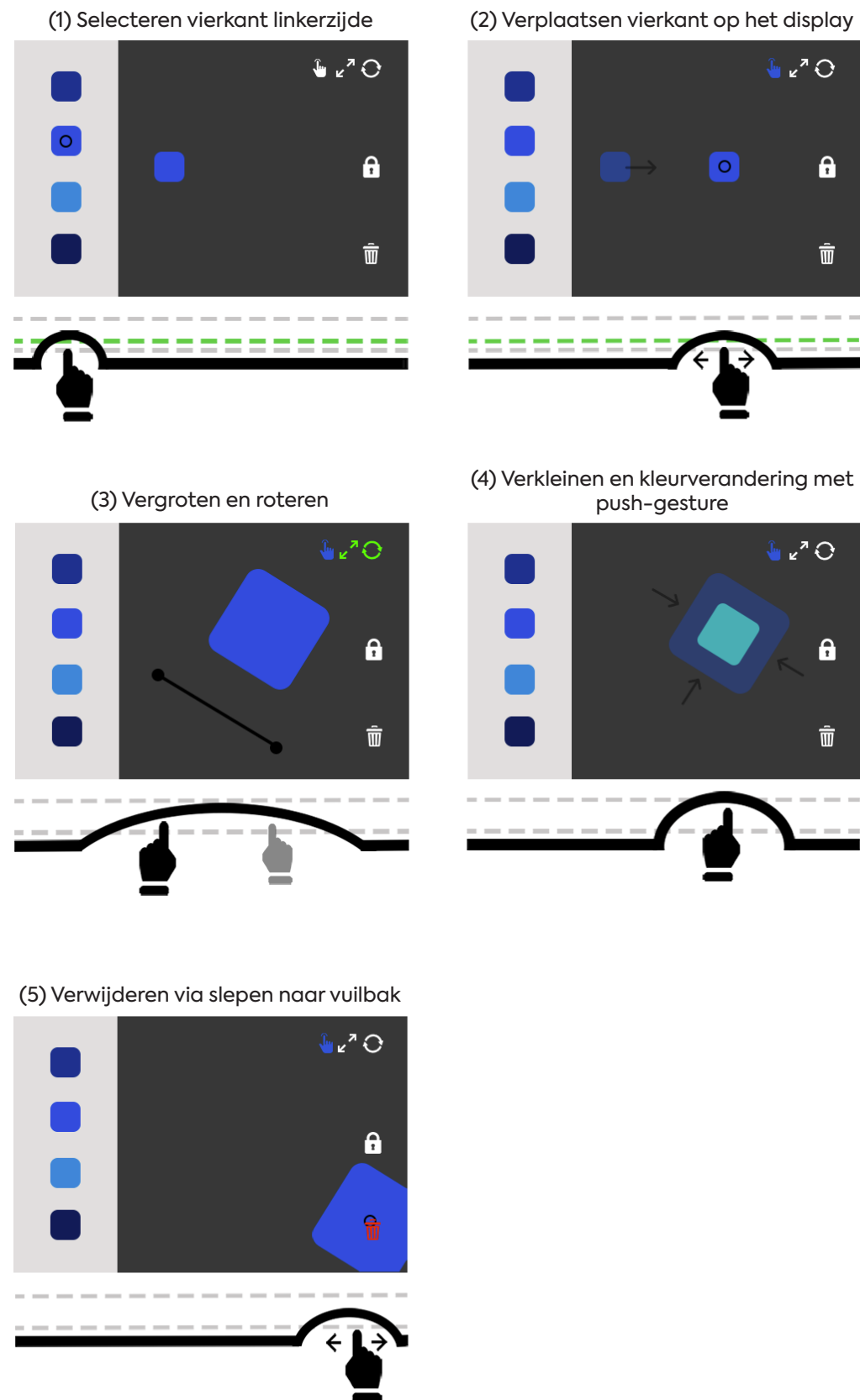


FIG. 32: ElaSound User Interface.

### Evaluatie

De evaluatie van het laatste prototype is overeenkomstig met de evaluatie van het eerste en het tweede prototype aan de hand van een gemiddelde user test (N = 5) gecombineerd met participerende observatie verlopen. De gebruikers zijn eerst vrijgelaten om met het prototype te interageren en hebben daarna een vluchtige demonstratie gekregen om op weg te geraken. Achteraf zijn de gebruikers voor een laatste keer de vragen uit Hoofdstuk 3 gesteld.

Uit observatie zijn enkele zaken duidelijk geworden. De gebruikers begonnen met het doek te interageren vanwege de aanwezige call to action maar zodra ze een vierkant op het doek positioneerden wisten ze niet intuïtief wat ze er verder mee konden doen. Hierdoor is vlug een demonstratie uitgevoerd, om aan te tonen welke interacties de gebruikers op het doek kunnen uitvoeren. Na de demonstratie liep het gebruik van het prototype vlotter en begreep de groep van gebruikers hoe ze met het prototype kunnen interageren. Desondanks is geobserveerd dat het gebruik van de gestures in vergelijking met de eenvoudige push-gesture van de eerste twee prototypes, minder vlot verliep. Volgens Groh et al. (2015) kan dit worden toegeschreven aan het feit dat het toevoegen van gestures een ander abstractieniveau vertegenwoordigt en dat de gestures eerst geleerd moeten worden voordat ze bruikbaar zijn.

Verder is uit observatie ondervonden dat de gebruikers wederom plezier hadden met het display. In tegenstelling tot de eerste twee prototypes bleven de gebruikers bovendien voor een langere tijd met het display interageren. Door verschillende muzikale vierkanten toe te voegen en te verwijderen probeerden ze een melodie te construeren die ze naderhand met de push-interactie versnelden. Deze push-interactie was overigens zichtbaar de interactie waar de gebruikers zich het meest mee amuseerden en het meeste tijd aan spendeerden.

Achteraf is van de gebruikers vernomen dat, overeenkomstig met de bevindingen van onze observatie, ze het een aangename toepassing voor het display vonden. Een van de gebruikers merkte op dat hij het display in een game context interessant zou vinden, waarbij hij de vierkanten op elkaar zou kunnen stapelen en de toren zou wiebelen omwille van de elasticiteit van het display. Vervolgens is van de gebruikers ondervonden dat als ze eenmaal een demonstratie kregen, ze daarna dezelfde stappen konden herhalen, waaruit is geconcludeerd dat de eenvoudige learnability voor een deel aanwezig bleef.

Verder vonden de gebruikers de gekozen interacties en gekoppelde muzikale vervormingen logisch en aangenaam om mee te spelen. Hierbij is opgemerkt dat enkele gebruikers de additionele gestures moeilijker vonden, maar dat de feedback icons hierbij helpen. Deze feedback is samengevat in onderstaande tabel:

Affect	Learnability	Toepassing	Interactiegehalte	Intuïtiegehalte
Aangename gebruikservaring en de gebruikers bleven lang geïntrigeerd.	Iets minder hoge learnability maar nog steeds aanwezig.	Aangename toepassing.	Er was een hoog aantal interacties aanwezig, sommige moeilijker uit te voeren dan anderen.	Minder hoog intuïtie gehalte waardoor een demonstratie is uitgevoerd.

TABEL 4: Evaluatietabel ElaSound.

Uit vergelijking met de evaluatietabellen van de andere prototypes is geconcludeerd dat het toevoegen van gecompliceerde interacties de learnability en het intuïtiegehalte doet dalen, waardoor de gebruikers meer tijd nodig hebben om de nieuwe interacties te begrijpen. Desondanks, blijven de gebruikers wel voor een langere periode met het display interageren. Tenslotte is uit het tweede en het derde prototype vernomen dat gebruikers de muzikale invulling een aangename toepassing voor het display vinden.





FIG. 33: ElaSound.

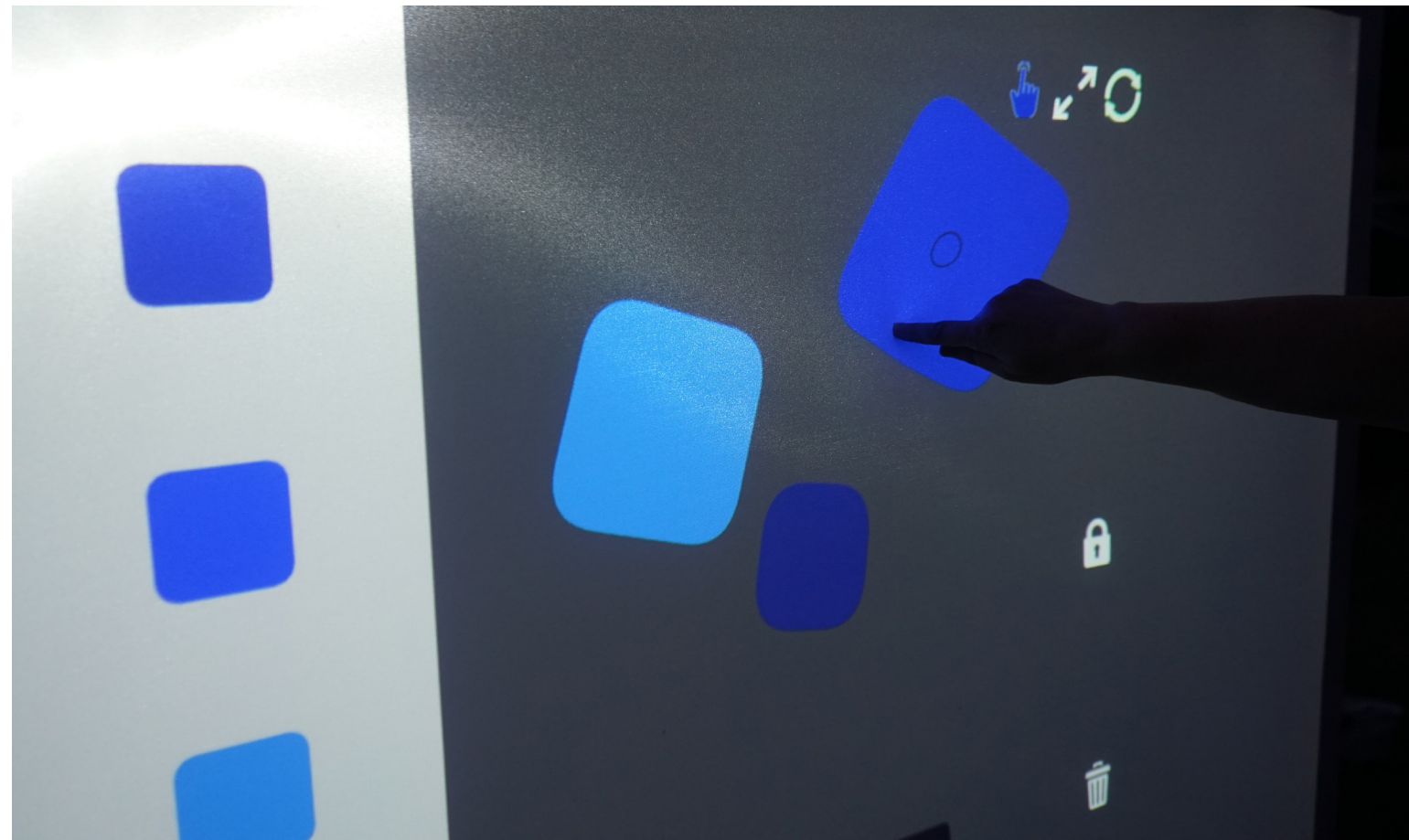


FIG. 35: Elasound.

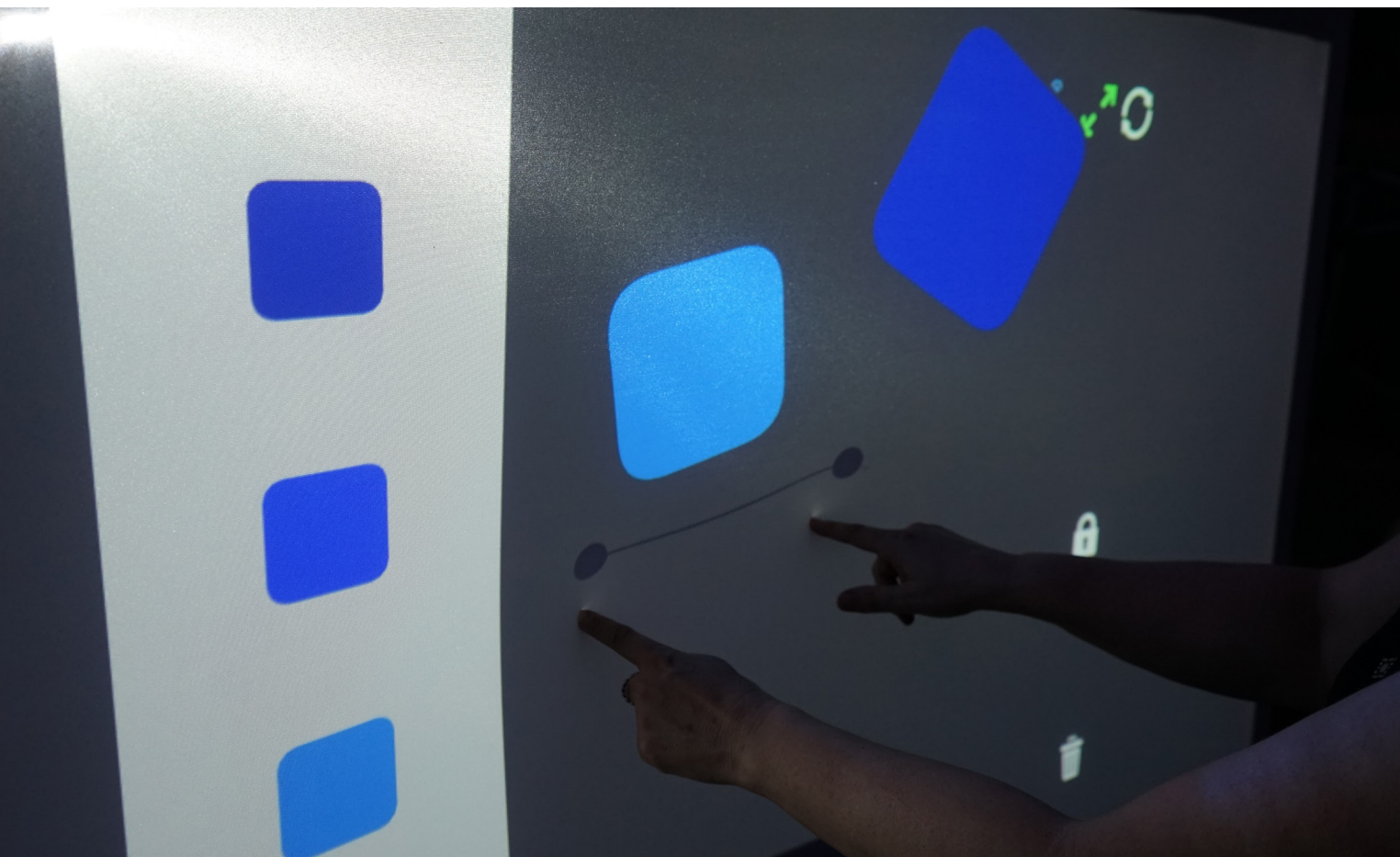


FIG. 34: Elasound.



FIG. 36: Elasound.

## 5. CONCLUSIE

Het doel van deze masterproef is om een antwoord te bieden op de volgende onderzoeksvraag: “Welke interacties kunnen geëxploreerd worden op een elastisch, vervormbaar 3D-display en hoe kunnen deze interacties aangewend worden voor het creëren en manipuleren van muziek?”

Door middel van de Research Through Design methode centraal te stellen in combinatie met gemodereerde user testing, participatieve observatie en een iteratief ontwerproces, zijn drie prototypes geconstrueerd om op deze centrale onderzoeksvraag een antwoord te bieden. In het creatieproces van deze prototypes concluderen we dat succesvol vijf functionerende interacties op het elastische display zijn gerealiseerd. Drie van deze interacties zijn authentieke 3D-interacties waaronder een push-interactie, een hand- of vinger detectie en een selecteren en verplaatsen interactie. De twee andere interacties, een expand interactie en een rotate interactie, zijn gebaseerd op 2D-interacties van multi-touch-flat-displays.

ElaSound, de laatste iteratie van onze prototypes, ligt het dichtst tegen onze centrale onderzoeksvraag aan. In het kader van ElaSound zijn er vier van de vijf besproken interacties aangewend aan om een interface te construeren, waarbij gebruikers op een laagdrempelige en speelse manier muziek kunnen exploreren. Door middel van muzikale vierkanten op het elastisch display te selecteren, te roteren, te vergroten en met een push-interactie te manipuleren, kan elk van de gebruikers een unieke muzikale ervaring voor zichzelf creëren.

Uit de evaluatiemomenten van deze prototypes is bovendien vernomen dat gebruikers een muzikale toepassing voor een elastisch display aangenaam en passend vinden. Het is belangrijk hierbij op te merken dat het gecompliceerder maken van de interacties en de gestures zorgt dat intuïtief gedrag vermindert en gebruikers logischerwijs meer tijd nodig hebben om de werking van de interface te begrijpen. Desondanks kan de interface hierdoor de aandacht van de gebruikers langer bijhouden.

Verder onderzoek in dit veld zou ervoor kunnen zorgen dat nog meer interacties op een elastisch display geëxploreerd kunnen worden. Hierbinnen kan dan bijvoorbeeld een potentiële 3D-expand of 3D-rotate onderzocht worden, die voor verschillende soorten vervormingen aangewend kunnen worden.



## 6 Bibliografie

Aaron Sherwood. (2013). Firewall [Videobestand]. YouTube. Geraadpleegd van <https://www.youtube.com/watch?v=WIIOUiWy-bU>

Aerts, E. (z.d.). User testing: what, why and how . Geraadpleegd op 25 april 2020, van <https://www.agconsult.com/en/usability-blog/user-testing-what-why-and-how/>

Alexander, J., Brotman, R., Holman, D., Younkin, A., Vertegaal, R., Kildal, J., ... Subramanian, S. (2013). Organic experiences. CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems on - CHI EA '13, 3171–3174. <https://doi.org/10.1145/2468356.2479639>

Bacim, F., Sinclair, M., & Benko, H. (2012). Challenges of Multitouch Interactions on Deformable Surfaces. ITS'12, November 11–14, 2012, Cambridge, Massachusetts, USA. ACM 978-1-4503-1209-7/12/11., 1–4. Geraadpleegd van <https://www.microsoft.com/en-us/research/uploads/prod/2016/12/Challenges-of-Multitouch-Interactions-on-Deformable-Surfaces.pdf>

Basho, M., Hamill, S., & Addiss, S. (2006). Narrow Road to the Interior. Boston, Amerika: Shambhala.

Benko, H., & Wilson, A. D. (2008). DepthTouch: Using Depth-Sensing Camera to Enable Freehand Interactions On and Above the Interactive Surface (MSR-TR-2009-23). Geraadpleegd van [https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/DepthTouch\\_TR\\_final.pdf](https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/DepthTouch_TR_final.pdf)

Cassinelli, A., & Ishikawa, M. (2005). Khronos projector. ACM SIGGRAPH 2005 Emerging technologies on - SIGGRAPH '05, 1. <https://doi.org/10.1145/1187297.1187308>

Dand, D., & Hemsley, R. (2013). Obake. Proceedings of the adjunct publication of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST '13 Adjunct, 109–110. <https://doi.org/10.1145/2508468.2514734>

Dijkman, D. Z. (z.d.). Synthesizers - Dijkman Muziek. Geraadpleegd op 20 mei 2020, van <https://www.dijkmanmuziek.nl/synthesizers-page/>

Everyware. (2011, 4 januari). Soak-. Geraadpleegd op 10 april 2020, van <http://everyware.kr/home/soak/>

Forza. (2019, 15 april). Hoe werkt 3D Touch? . Geraadpleegd op 18 april 2020, van <https://www.forza-refurbished.nl/nieuws/apple/hoe-werkt-3d-touch/>

Garcia, W. (z.d.). Difference between 2D and 3D . Geraadpleegd op 18 maart 2020, van <http://www.differencebetween.net/language/difference-between-2d-and-3d/>

Geng, J. (2013). Three-dimensional display technologies. Advances in Optics and Photonics, 5(4), 456. <https://doi.org/10.1364/aop.5.000456>

Gründer, T., Kammer, D., Brade, M., & Groh, R. (2013). Towards A Design Space for Elastic Displays . CHI 2013, Workshop on Displays Take New Shape: An Agenda for Interactive Surfaces, April 28, 2013, Paris, France., 1–4. Geraadpleegd van <https://displayworkshop.media.mit.edu/CHI2013/downloads/paper-Gruender.pdf>

Heo, Y., & Bang, H. (2013). Cloud Pink. Geraadpleegd op 10 april 2020, van <https://digitalartarchive.siggraph.org/artwork/yunsil-heo-hyunwoo-bang-cloud-pink/>

Höh, L. (2020). Kreek - Bundeskunsthalle Bonn [Videobestand]. Geraadpleegd van <https://vimeo.com/42846180>

Holyer, A. (1993). Methods For Evaluating User Interfaces. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20290.94406>

Hulsebosch, P. (2010, 13 november). Microsoft Kinect: wat kan het en hoe werkt het? Geraadpleegd op 20 januari 2020, van <https://tweakers.net/reviews/1886/microsoft-kinect-wat-kan-het-en-hoe-werkt-het.html>

Kirsten Dingemanse. (2018, 25 juni). Observatie in je scriptie; wanneer kun je het gebruiken? Geraadpleegd op 25 april 2020, van <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/observatie-je-scriptie/>

Larsen, H. S., & Hedvall, P.-O. (2012). Ideation and ability. Proceedings of the 12th Participatory Design Conference on Exploratory Papers Workshop Descriptions Industry Cases - Volume 2 - PDC '12, 37–40. <https://doi.org/10.1145/2348144.2348157>

Moren, D. (2017, 17 september). 13 Features of iOS 13: The long press. Geraadpleegd op 18 april 2020, van <https://sixcolors.com/post/2019/09/13-features-of-ios-13-the-long-press/>

Müller, Mathias, Keck, M., Gründer, T., Hube, N., & Groh, R. (2017). A Zoomable Product Browser for Elastic Displays. Geraadpleegd op 10 april 2020, van <http://2017.xcoax.org/pdf/xcoax2017-Muller.pdf>

Müller, Mathias, Knöfel, A., Gründer, T., Franke, I., & Groh, R. (2014). FlexiWall. Proceedings of the Ninth ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces - ITS '14, 439–442. <https://doi.org/10.1145/2669485.2669529>

Müller, Matthias, Gründer, T., & Groh, R. (2015). Data Exploration on Elastic Displays using Physical Metaphors. xCoAx 2015 Computation Communication Aesthetics and X, 112–124. Geraadpleegd van <http://2015.xcoax.org/pdf/xcoax2015-Muller.pdf>

Nielsen. (2018, 31 juli). Time Flies: U.S. Adults Now Spend Nearly Half a Day Interacting with Media. Geraadpleegd op 18 maart 2020, van <https://www.nielsen.com/us/en/insights/article/2018/time-flies-us-adults-now-spend-nearly-half-a-day-interacting-with-media/>

Ortega, D. H., Cibrian, F. L., & Tentori, M. (2015). BendableSound. Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility - ASSETS '15, 315–316. <https://doi.org/10.1145/2700648.2811355>

Pedersen, E. W. (2014). Deformable Screens that Change Shape [Videobestand]. Geraadpleegd van <https://video.ku.dk/deformable-screens-that-change-shape>

Peschke, J., Göbel, F., Gründer, T., Keck, M., Kammer, D., & Groh, R. (2012). DepthTouch. Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces - AVI '12, 770–771. <https://doi.org/10.1145/2254556.2254706>

Phil Kingsley. (2012). ETable: A haptic elastic table for 3D multi-touch interactions [Videobestand]. YouTube. Geraadpleegd van <https://www.youtube.com/watch?v=v2A4bLSiX6A>

## 7 Figuren- en tabellenlijst

WReas, C. E. B., & Fry, B. (2001). Processing (Versie 3.5.4) [Software] (Versie 3.5.4). Geraadpleegd van <https://processing.org>

Reimer, J. (2005, 5 mei). A History of the GUI. Geraadpleegd op 18 maart 2020, van <https://arstechnica.com/features/2005/05/gui/>

Rendulic, T. (z.d.). Early Usability Testing decides the Product's Destiny. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van <https://www.paulolyslager.com/early-usability-testing-decides-product-destiny/>

ThinkwithGoogle. (2019, 30 september). The new multi-screen world study. Geraadpleegd op 14 april 2020, van <https://www.thinkwithgoogle.com/advertising-channels/mobile-marketing/the-new-multi-screen-world-study/>

Troiano, G. M., Pedersen, E. W., & Hornbæk, K. (2014). User-defined gestures for elastic, deformable displays. Proceedings of the 2014 International Working Conference on Advanced Visual Interfaces - AVI '14, 1–8. <https://doi.org/10.1145/2598153.2598184>

Troiano, G. M., Pedersen, E. W., & Hornbæk, K. (2015). Deformable Interfaces for Performing Music. Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '15, 377–386. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702492>

Vertegaal, R., & Poupyrev, I. (2008). Organic User Interfaces. Communications of the ACM, 51(6), 26–30. <https://doi.org/10.1145/1349026.1349033>

Watanabe, Y., Cassinelli, A., Komuro, T., & Ishikawa, M. (2008). The deformable workspace: A membrane between real and virtual space. 2008 3rd IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human Computer Systems, 155–162. <https://doi.org/10.1109/tabletop.2008.4660197>

Yun, K., Song, J., Youn, K., Cho, S., & Bang, H. (2013). ElaScreen. CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems on - CHI EA '13, 1311–1316. <https://doi.org/10.1145/2468356.2468590>

Zimmerman, J., & Forlizzi, J. (2014). Research Through Design in HCI. Ways of Knowing in HCI, 167–189. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0378-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0378-8_8)

Fig. 1: Average time spent per adult 19+ per day (Nielsen, 2018) [Afbeelding]

Fig. 2: Gui versus OUI (Vertegaal & Poupyrev, 2008) [Afbeelding]

Fig. 3: The Zoomable Product Browser (Müller et al., 2017) [Afbeelding]

Fig. 4: De 5 stappen van Research Through Design [Afbeelding]

Fig. 5: Lengte/breedte coördinatensysteem [Afbeelding]

Fig. 6: Lengte/breedte/diepte coördinatensysteem [Afbeelding]

Fig. 7: Opstelling display met Kinect en grenswaarden [Afbeelding]

Fig. 8: Pointcloud vervormbaar display met aanrakingspunt [Afbeelding]

Fig. 9: Verschil tussen hand of vinger op het display [Afbeelding]

Fig. 10: Traceren van handen zonder een vervormbaar display dat tussen de gebruiker en de Kinect staat [Afbeelding]

Fig. 11: Push-gesture [Afbeelding]

Fig. 12: Selecteren en verplaatsen [Afbeelding]

Fig. 13: Hand- of vingerdetectie [Afbeelding]

Fig. 14: Expand [Afbeelding]

Fig. 15: Hypothetische diepte-expand [Afbeelding]

Fig. 16: Rotate [Afbeelding]

Fig. 17: Rotate met pols (Pedersen et al., 2014) [Afbeelding]

Fig. 18: De drie concepten: het gevoelensdoek, het gedicht met videobeelden en het gedicht met woorden [Afbeelding]

Fig. 19: De verschillende dieptelagen van Lightning Flash [Afbeelding]

Fig. 20: Push-interactie voor Lightning Flash [Afbeelding]

Fig. 21: Lightning Flash [Afbeelding]

Fig. 22: Lightning Flash [Afbeelding]

Fig. 23: Lightning Flash [Afbeelding]

Fig. 24: Lightning Flash [Afbeelding]

Fig. 25: Lightning Flash [Afbeelding]

Fig. 26: Persoon voor het elastische display [Afbeelding]

Fig. 27: Prototype 2: het eerste visuele concept [Afbeelding]

Fig. 28: Prototype 2: het tweede visuele concept [Afbeelding]

Fig. 29: Prototype 2: het derde visuele concept [Afbeelding]

Fig. 30: Prototype 2: Het Muzikale Vierkant [Afbeelding]

Fig. 31: ElaSound User Interface: eerste user test [Afbeelding]

Fig. 32: ElaSound User Interface [Afbeelding]

Fig. 33: ElaSound [Afbeelding]

Fig. 34: ElaSound [Afbeelding]

Fig. 35: ElaSound [Afbeelding]

Fig. 36: ElaSound [Afbeelding]

Tabel 1: Gerelateerd werk: interacties, toepassing en hardware (Pedersen et al., 2014) [Tabel]

Tabel 2: Evaluatietabel Lightning Flash [Tabel]

Tabel 3: Evaluatietabel Het Muzikale Vierkant [Tabel]

Tabel 4: Evaluatietabel ElaSound [Tabel]



