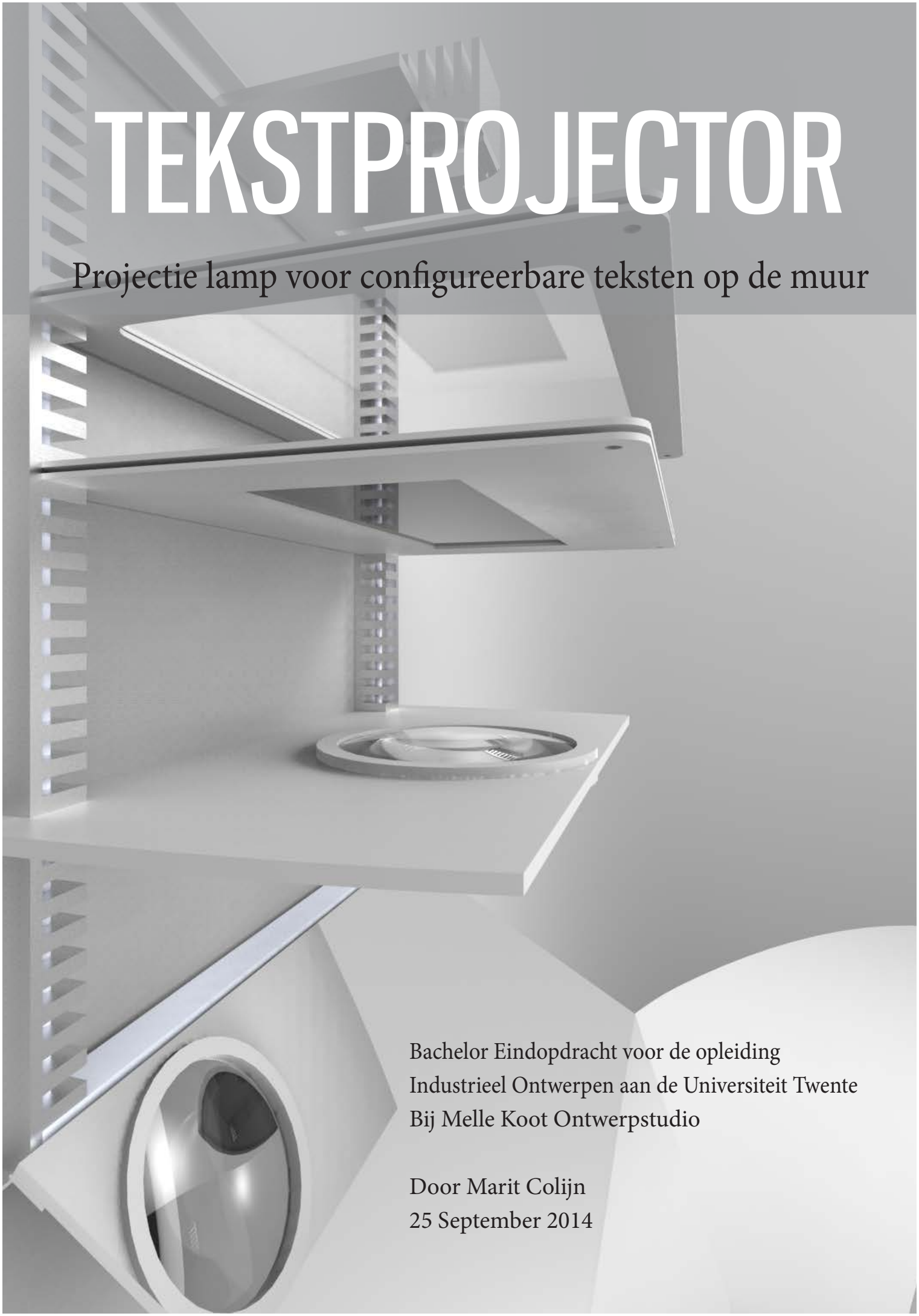
TEKSTPROJECTOR

Projectie lamp voor configureerbare teksten op de muur



Bachelor Eindopdracht voor de opleiding
Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente
Bij Melle Koot Ontwerpstudio

Door Marit Colijn
25 September 2014

Projectie lamp voor configureerbare teksten op de muur

Marit Colijn
S1066463
Industrieel Ontwerpen, Universiteit Twente

25 September 2014

Melle Koot Ontwerpstudio
Haddingestraat 18,
9711 KD Groningen,
Nederland

Beoordelingscommissie:
A.O. Eger
H.M. Schuurman-Hemmer
M. Koot

VOORWOORD

Dit verslag is geschreven als onderdeel van mijn Bachelor Opdracht van de opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. De opdracht is uitgevoerd bij Melle Koot Ontwerpstudio. In dit verslag zal mijn traject naar het ontwerpen van een projectie lamp die configureerbare teksten projecteert, worden vastgelegd.

Hierbij wil ik Melle Koot en Hiske Schuurman bedanken voor de ondersteuning tijdens het uitvoeren van de opdracht.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING 6

SUMMARY 7

1. INLEIDING 8

2. ANALYSEFASE 10

2.1 RICHTLIJNEN 10
2.2 GEBRUIKSOMGEVING 12
Geschikte omgevingen voor de projector 12
Eisen naar aanleiding van de omgevingen 14
2.3 MARKTONDERZOEK 18
Overheadprojector 20
Led projectie wekker 21
7-segment display 22
Smartphone projector 1 23
Smartphone projector 2 23
Laserprojector 1 24
Laserprojector 2 25
Alfabet 26
Morfologisch schema 27
2.4 COMPONENTEN UIT HET MORFOLOGISCH SCHEMA 28
Lichtbron 28
Beeld 29
Lenzen 29
Eisen 29
2.5 PROGRAMMA VAN EISEN 30
Functionele eisen 30
Technische eisen 30
Wensen 30

3. CONCEPTFASE 32

3.1 CONCEPTEN 33
Concept 1 33
Concept 2 36

Concept 3 38
Concept 4 41
Concept 5 44
3.2 CONCEPTKEUZE 46
4 DETAILLERINGSFASE 50
4.1 GEBRUIK 50
Bediening 50
4.2 TECHNISCHE UITWERKING 53
Lichtbron 54
Beeldvorming 55
Lens 56
Elektronica 57
Bevestiging onderdelen 59
4.3 CONFIGURATIE EN VORMGEVING 60
4.4 KOSTPRIJS BEREKENING 65
4.5 PROTOTYPE 66
Componenten 66
Aanpassingen aan prototype 68
Aandachtspunten naar aanleiding van het prototype 69
CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 70
BIJLAGE 1 - MARKTANALYSE 72
BIJLAGE 2 - TECHNISCHE ACHTERGROND 86
BIJLAGE 3 - TESTEN MET LENZEN 96
BIJLAGE 4 - VORMGEVING 100
BIJLAGE 5 - BEREKENING KOSTPRIJS 104
BIJLAGE 6 - SPECIFICATIES ONDERDELEN 107
REFERENTIES 108
REFERENTIES AFBEELDINGEN 110

SAMENVATTING

Deze Bachelor Opdracht is uitgevoerd in opdracht van Melle Koot Ontwerpstudio. Het doel van de opdracht is om te onderzoeken of het idee van een product dat bedrijfsslogans, andere teksten of informatie laat zien op de muren, technisch haalbaar is.

In de analysefase is er eerst onderzoek gedaan naar de eisen van de opdrachtgever. Daarnaast is er gekeken naar de omgeving waarin het product gebruikt gaat worden en welke eisen hier uit voortkomen. Daarna is er een marktonderzoek uitgevoerd naar methoden om tekst te projecteren. Aan de hand van vijf criteria (tekst projecteren, tekst kan aangepast worden, niet te duur, vernieuwende toepassing en uitvoerbaarheid), zijn de vijf beste methoden uitgekozen en verder onderzocht. Hierbij is er gekeken naar de methode en zijn toepassing.
Deze vijf methoden zijn samengevoegd in een morfologisch schema. Van alle onderdelen in het morfologisch schema is er verder onderzoek gedaan om extra informatie over de onderdelen te krijgen.
Vanuit deze analysefase is een programma van eisen opgesteld met eisen voor het product.

In de conceptfase zijn vijf concepten gevormd, vanuit het morfologisch schema. Aan de hand van het programma van eisen is er een keuze gemaakt voor het best passende concept. Dit is concept 2 geworden. Concept 2 bestaat uit een hogehelderheidsled, een fresnellens, een lcd en een gewone lens. De led zendt licht uit, wat wordt gefocust door de fresnellens op de lcd. Op deze lcd staat tekst. Doordat de lcd transparant is laat deze licht door en doordat de lcd tekst weergeeft, wordt het licht alleen op de plaats van de tekst doorgelaten. Dit licht wordt, door de lens, geprojecteerd op de muur.

In de detailleringsfase is er nader onderzoek gedaan naar hoe de gebruiker de projector bedient en welke onderdelen hier voor nodig zijn. Ook zijn alle onderdelen gespecificeerd.
Daarnaast is er onderzoek gedaan naar de uiteindelijke kostprijs van het product om hier een schatting van te kunnen geven.

Uiteindelijk is er een prototype gebouwd, waarmee de technische werking van de projector getest kan worden. Uit dit prototype blijkt dat het technische principe werkt, maar dat hier nog wel verbeteringen mogelijk zijn.

SUMMARY

This Bachelor Assignment was conducted on behalf of Melle Koot Ontwerpstudio. The assignments goal was to examine the technical feasibility of a product idea that shows company slogans, texts or other information on the walls.

In the analysis phase the client's requirements were investigated. In addition, the operational environment was explored, to derive requirements. Then, a market research on methods to project text was performed. On basis of five criteria (projecting text, customizable text, low costs, innovative application and feasibility), the five best methods were selected and further investigated. These five methods were combined in a morphological chart. All components in the morphological chart were further researched to obtain additional information of the components.
Based on the analysis phase, a set of requirements for the product was drafted.

In the concept phase, five concepts were formed, based on the morphological chart. Regarding the set of requirements, concept 2 was chosen as the best concept. Concept 2 consists of a high power LED, a Fresnel lens, an LCD and a normal lens. The LED emits light, which is focused by the Fresnel lens on the LCD. The LCD displays text. This LCD is partially transparent and allows light to pass through the characters on the LCD. This light is projected on the wall through a lens which focuses the beam of light.

In the detailing phase, further research has been conducted into the user's controlling and the required parts. In addition, the further components were specified.
Besides this, research has been done into the final cost of the product, to give an estimate of the costs.
Finally, a prototype was built, in which the technical operation of the projector could be tested. This prototype demonstrates the usability of the technical principle, but some improvements are still possible here.

1. INLEIDING

De opdrachtgever voor deze Bacheloropdracht is Melle Koot, eigenaar van een multidisciplinaire ontwerpstudio. Deze studio richt zich op interieur, meubels en object design. Het is een eenmanszaak waar veel wordt samengewerkt met andere bedrijven om extra kennis binnen te halen. Er wordt veel gewerkt vanuit opdrachten, maar ook met losse ideeën die ontstaan vanuit deze opdrachten. Deze opdracht is een voorbeeld van zo'n los idee.

De opdrachtgever wil graag een product dat teksten schrijvend projecteert op de muur. De opdracht is ontstaan vanuit de opdracht voor het ontwerpen van het interieur van The Hub[1]. The Hub is een omgeving waarin mensen geholpen worden om kennis, middelen en talent te vinden en te delen om ondernemende ideeën te ontwikkelen met duurzame effecten. In het oude interieur van The Hub stonden hun slogans en visie op de muren geschreven. In het nieuwe ontwerp van dit interieur moest iets vergelijkbaars komen, maar dan minder permanent. Het probleem met de huidige manier van teksten op de muur schrijven is dat dit permanent is en niet meer aangepast kan worden. Het hier achterliggende probleem is dat een bedrijf zijn bedrijfsslogan ter inspiratie ergens zou willen tonen.

Het ontwerp zal worden getoond op de designbeurs in Milaan in 2015, of op een andere openbare tentoonstelling. Het beoogde doel is te onderzoeken of het idee van de opdrachtgever technisch mogelijk is.

Dit product zou interessant kunnen zijn voor kantoren, openbare ruimten of ontwerpstudio's. Deze bedrijven zijn de potentiële klant. Zij zouden belang kunnen hebben bij een product dat hun bedrijfsslogan op de muur kan projecteren. Het idee is door de opdrachtgever voorgelegd aan het bestuur van The Hub. Zij waren erg enthousiast over het idee en zouden dit graag gerealiseerd zien worden. Als het product technisch haalbaar is zou er verder onderzoek naar de markt kunnen worden gedaan. Dit valt niet binnen de scope van deze opdracht.

De opdrachtgever heeft twee ideeënrichtingen voor het probleem bedacht en wil één van deze richtingen graag uitgewerkt zien. Het eerste idee is een 'lamp' of 'apparaat' dat teksten op de muren schrijvend projecteert met een licht laser. Een ander idee is dat dit zelfde wordt uitgevoerd met een beamer. Dit zijn alleen ideeënrichtingen en er is dus geen onderzoek gedaan naar de uitvoerbaarheid van deze ideeën.

Afhankelijk van het uiteindelijke concept kunnen er externe bedrijven gecontracteerd worden om te helpen met de bouw van een prototype. Dit prototype moet laten zien hoe het product technisch kan werken.

Het **doel van de opdracht** is het onderzoeken of het idee van een product dat in een kantoor of ontwerpstudio de bedrijfsslogan of andere teksten ter inspiratie of informatie laat zien op de muren, technisch haalbaar is en dit ook te testen en laten zien aan de hand van een prototype.

Dit kan gerealiseerd worden door eerst te onderzoeken welke eisen de opdrachtgever aan dit product stelt en in welke omgeving de projector gebruikt moet worden. Aan de hand van

1 *https://amsterdam.impacthub.net/our-purpose/*

deze eisen zal er worden onderzocht wat de technische mogelijkheden zijn van een product als dit. Ook zal er worden gekeken naar bestaande producten die een vergelijkbare functie hebben.

Hieruit zullen een aantal concepten komen, waarvan één concept gekozen wordt en verder uitgewerkt. Daarna zal er worden getest of de bedachte oplossing werkt aan de hand van een functioneel prototype. Dit functionele prototype zal zo ver worden uitgewerkt dat de technische werking van het idee duidelijk is. Deze werking en het uiterlijk van het product zal nog verder worden toegelicht aan de hand van een computer animatie. Dit alles zal binnen een tijdsbestek van drie maanden plaatsvinden.

In de **analysefase** zijn er eisen vastgesteld die de opdrachtgever stelt aan het te ontwerpen product. Ook is er gekeken naar de gebruiksomgeving van het product en naar algemene eisen die gesteld kunnen worden aan het te ontwerpen product.
Hierna is er een marktonderzoek uitgevoerd om te onderzoeken of een product als dit al bestaat en ook ideeën te verzamelen voor methoden om te projecteren. Deze methoden zijn gesorteerd aan de hand van de gestelde eisen. Als laatste zijn een vijf van de methoden, die het beste voldeden aan de eisen, verder onderzocht om te achterhalen hoe ze werken en meer technische achtergrond te krijgen.

In de **conceptfase** zijn er aan de hand van een morfologisch schema vijf concepten gevormd die verder uitgewerkt en getest zijn. Uiteindelijk is er aan de hand van de gestelde eisen een keuze gemaakt uit één van deze concepten.

In de **detailleringsfase** is dit concept verder uitgewerkt tot een product. Er is onderzoek gedaan naar het gebruik van de projector en naar de verschillende componenten die in de projector zitten. Ook is er een vormstudie gedaan naar de vormgeving van het product en is er gekeken naar de kostprijs van de projector. Uiteindelijk is er een prototype gebouwd om te testen of het idee ook echt werkt.

2. ANALYSEFASE

2.1 RICHTLIJNEN

De opdrachtgever heeft een idee van een product dat teksten schrijvend projecteert op de muren. De gebruiker moet deze teksten vanaf een smartphone of computer kunnen aanpassen. Zo worden de teksten interactief. In dit hoofdstuk worden de eisen die de opdrachtgever aan het product stelt uitgewerkt.

De opdrachtgever wil een product dat teksten schrijft op de muur. Voorbeelden van de teksten die er op de muur kunnen komen te staan zijn:

- Bedrijfsslogans
- Nieuws
- Persoonlijke berichten
- Welkomsberichten
- Herinneringen

Fig 2.1.1 Schrijvende letters 1

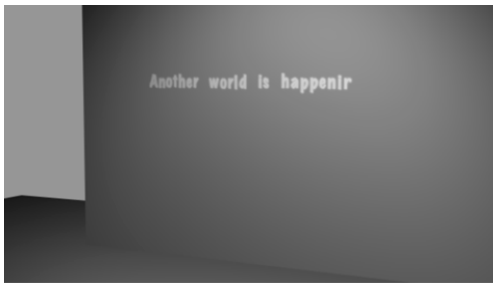


Fig 2.1.2 Schrijvende letters 2

Met schrijvende tekst wordt tekst bedoeld die niet in één keer verschijnt, maar letter voor letter, alsof het geschreven wordt. Dit is te zien in *Figuur 2.1.1 en 2.1.2.* Dit schrijvende aspect is erg belangrijk en heeft te maken met de ervaring van de gebruiker van het product. Door de schrijvende letters wordt de gebruiker meegezogen in het product en worden de letters een ervaring op zich. De letters moeten ook rondom op de muren verschijnen. Dit vergroot de invloed op de ervaring van de gebruiker.

Het product is bedoeld om tekst te projecteren. Maar het zou ook interessant kunnen zijn om logo's of afbeeldingen te projecteren. Als er alleen tekst wordt geprojecteerd is het niet nodig om verschillende kleuren te kunnen projecteren. Het gaat immers om de tekst en letters en verschillende kleuren hebben geen toegevoegde waarde. Maar als er logo's en afbeeldingen kunnen worden geprojecteerd, zouden meerdere kleuren wel interessant kunnen zijn.

Het moet niet lijken alsof er iets wordt toegevoegd aan de muur, maar de teksten moeten één worden met de muren rondom. Dit kan zorgen voor een magisch effect, want de tekst lijkt uit het niets te verschijnen. Ook moet het product zelf niet de aandacht trekken. Het product mag wel te zien zijn, want dit is reclame, maar het moet om de tekst gaan en niet om het product zelf.

Uiteindelijk moet er van het product een prototype gebouwd worden. Dit kan eventueel in samenwerking met een extern bedrijf gebeuren. Daarom moet er op worden gelet dat het te ontwerpen

product geschikt is om er een prototype van te bouwen. Dit moet ook haalbaar zijn in de gestelde periode van drie maanden.

Daarnaast wil de opdrachtgever graag dat het product vernieuwend is. Het gaat hier vooral om de toepassing van het product. De opdrachtgever is een ontwerper die innovatieve ideeën bedenkt. Dit product moet daar tussen passen.

Eisen

Aan de hand hiervan kunnen de volgende eisen opgesteld worden:

1. Er moet een product ontworpen worden dat tekst projecteert op de muur.
2. De tekst moet schrijvend ontstaan.
3. De tekst moet verschijnen op de muren rondom.
4. Bij het product gaat om de ervaring van de gebruiker.
5. De techniek mag niet op de voorgrond treden. Het draait om de tekst op de muur en de techniek die hier achter zit mag niet de aandacht trekken.
6. De tekst moet aangepast kunnen worden en dus interactief zijn.
7. De toepassing van het product moet vernieuwend zijn.

Wensen

8. Het product kan ook logo's en afbeeldingen projecteren.
9. Het product kan in verschillende kleuren projecteren.

2.2 GEBRUIKSOMGEVING

Het idee van de tekstprojector is oorspronkelijk bedacht voor een bedrijf die de bedrijfsslogans op de muur had geschilderd. De vraag vanuit dit bedrijf was om deze slogans op een minder permanente manier te tonen. Het idee van de opdrachtgever is een oplossing voor deze vraag.

Maar deze projector kan ook op andere locaties gebruikt worden. Hierbij kan er gedacht worden aan bedrijven, maar ook museums en winkels. En op al deze locaties kan het product weer op verschillende manieren gebruikt worden. Al deze toepassingen zijn onderzocht en samengevat.

Geschikte omgevingen voor de projector

Bedrijven

Met de tekstprojector kunnen bedrijven hun slogan of zinspreuk op de muur projecteren. Hierdoor worden de werknemers weer herinnerd aan de doelen van het bedrijf. Deze slogans kunnen worden aangepast, zodat ze steeds weer vernieuwend en opvallend zijn. Daarnaast kunnen er belangrijke mededelingen over deadlines en gestelde doelen worden geprojecteerd. Deze mededelingen blijven altijd up-to-date en vallen op, omdat ze op een bijzondere manier worden gepresenteerd.

- Bedrijfsslogans
- Werknemers bewust maken van het doel van het bedrijf
- Belangrijke mededelingen
- Herinneringen aan komende deadlines
- Persoonlijke mededeling van de directeur
- Gestelde doelen
- Planning van volgende vergadering
- Statistieken over het bedrijf

Openbare ruimte

In openbare ruimtes kan de projector ook een functie hebben. Hier kunnen belangrijke nieuwsberichten en andere relevante informatie worden getoond. Dit moet niet te veel tekst zijn, want dan gaan mensen het minder snel lezen.

- Nieuwsberichten
- Mededelingen
- Relevante informatie
- Openingstijden

Vergaderruimte

Er zijn verschillende soorten vergaderruimtes. Er zijn locaties die vergaderruimtes verhuren aan verschillende bedrijven. Deze bedrijven kunnen dan de tekstprojector gebruiken om hun eigen slogan op de muur te projecteren. Ook in vergaderruimtes van bedrijven kunnen slogans of andere teksten worden geprojecteerd.

- Slogans van bedrijven
- Planning en agenda
- Inspirerende teksten

Tentoonstelling of museum

In een tentoonstelling of museum kan de projector worden gebruikt om meer informatie over de kunstwerken en de collectie te projecteren. De projector zal hier geen inbreuk zijn op de collectie, maar moet een toevoeging zijn en misschien zelfs een onderdeel van de collectie vormen.

- Informatie over de collectie
- Informatie over de auteur/artiest/kunstenaar
- Informatie over het kunstwerk
- Poëzie

Winkel

In een winkel zou de projector kunnen dienen als informatiebord. Speciale aanbiedingen kunnen worden geprojecteerd. Ook kan er aandacht worden gevestigd op nieuwe of bijzondere producten.

- Aanbiedingen
- Informatie over de winkel(keten)
- Aandacht ergens op richten

Thuis

Als laatste kan de projector ook thuis worden gebruikt. Hier kunnen favoriete teksten worden geprojecteerd. Ook kan de gebruiker vanaf het werk een bericht naar huis sturen om iemand thuis ergens aan te herinneren. Ook andere herinneringen en teksten kunnen worden geprojecteerd.

- Berichten
- Herinneringen vanuit een agenda
- Favoriete teksten

De omgevingen waar de projector gebruikt kan worden zijn erg verschillend. De hoofd doelgroep van de projector zijn bedrijven. Dit is ook de doelgroep die de aanleiding is voor het ontwerpen van dit product. Daarom zal er met het opstellen van de eisen vooral rekening worden gehouden met de eisen die bij deze bedrijven horen.

Eisen naar aanleiding van de omgevingen

Er zijn een aantal eisen die kunnen worden afgeleid van de locaties die hiervoor genoemd zijn. Deze eisen zijn onderzocht.

Hoeveelheid tekst

De geprojecteerde tekst moet gemakkelijk leesbaar zijn, zodat de teksten gelezen worden. Volgens Taaluniversum mogen er maximaal 10 à 12 woorden op een regel staan, om de tekst goed leesbaar te laten zijn. Dit komt overeen met ongeveer 45 tekens. Op deze manier is de tekst het beste leesbaar.
(Taaluniversum, sd)

Een voorbeeld van tekst die geprojecteerd zou kunnen worden is: “Another world is not just possible, it’s happening!” Deze zin bestaat al uit 51 tekens. De eis van 45 tekens is dus makkelijk te overschrijden.

De hoeveelheid tekst die geprojecteeerd wordt, hangt ook af van de ruimte waar de tekst geprojecteerd wordt. In een ruimte waar je snel voorbij loopt, moet de tekst korter zijn, om te zorgen dat hij nog gelezen wordt.

Tekst afmetingen

De tekst moet van een bepaalde afstand gelezen kunnen worden. De afstand vanaf waar de tekst gelezen moet kunnen worden, hang af van de afmetingen van de ruimte. Een grote ruimte betekend dat de afstand vanaf waar de letters gelezen moeten kunnen worden groter is. Dit betekend dat de letters dus groter moeten worden.
In een bedrijf zal de afstand kleiner zijn dan in een openbare ruimte. Er wordt vanuit gegaan dat de maximale afstand waarop de letters nog leesbaar moeten kunnen zijn, 30 meter is (de ruimte waar de projector zal komen te hangen, zal niet snel groter zijn dan 30 meter). Bij een slechte belichting moeten de letters dan minimaal 13 cm hoog zijn.
(Leesafstand vs letterhoogte, sd)

De letters moeten dus minimaal 13 cm hoog kunnen worden. Dit verzekert van een goede leesbaarheid in alle ruimtes. Dit betekent dat er een flinke vergroting moet plaatsvinden. Maar deze vergroting hangt ook weer af van de afstand van de projector naar de muur en de afmetingen van de projector.
Bij een letterhoogte van 13 cm, hoort een letterbreedte van 7 cm. De tussenruimte tussen de letters is dan ongeveer 1 cm. Als er van wordt uitgegaan dat er ongeveer 45 letters op een rij worden geprojecteerd, wordt de breedte van de projectie ongeveer 3,5 meter.

Lichtsterkte

Om te kunnen projecteren is er licht nodig. Hoe hoger de lichtstroom, hoe helderder de projectie wordt. En hoe groter het te projecteren oppervlak, hoe hoger de lichtstroom moet zijn, om hetzelfde resultaat te behalen.
De lichtstroom wordt gemeten in Ansi-lumen. Het Ansi-lumen is een maat voor de lichtopbrengst van bijvoorbeeld een videoprojector (beamer). Het is de gemiddelde lichtsterkte gemeten over 9 punten op het projectievlak in 100% wit. Deze waarde wordt gemeten met een zogenoemde luxmeter.
(Office Buyer's guide, 2004)

Al de onderzochtte omgevingen hebben daglicht. Dit betekent dat het lichte ruimtes zijn. Om in lichte ruimtes te kunnen projecteren, moet de lichtstroom van de projector hoog zijn.
Het product is vergelijkbaar met een beamer. Daarom zal er worden gekeken naar de lichtstroom die een beamer nodig zou hebben en zal dit worden omgezet naar een relevante waarde voor de tekstprojector.
Voor de aanschaf van een beamer kan *Figuur 2.2.1* gebruikt worden. Deze tabel toont het aantal lumen die een beamer moet hebben in verschillende omstandigheden. De situatie van de tekstprojector komt overeen met de roodomrande waarden met helder omgevingslicht. De lichtstroom moet dus ongeveer 2500 tot 2700 lumen zijn.

Afmetingen scherm / Lumen	72 Inches	100 Inches	120 Inches	150 Inches
750				
900				
1100				
1300				
1500				
1700				
1900				
2100				
2300				
2500				
2700				

Weinig omgevingslicht
Weinig tot geen licht komt de ruimte binnen.

Een beetje omgevingslicht
Er is extra licht in de ruimte.
Licht gedimd.
De zonnewering laat iets licht door.

Helder omgevings licht
Ramen zijn open tijdens de uren met daglicht.
Licht wat niet gedimd kan worden, zoals in een open kantoor.
Helder genoeg voor het publiek om aantekeningen te maken.

Fig 2.2.1 Tabel met lichtstroom en afmetingen scherm

Short throw

Een ander probleem van een projector is dat er schaduw op de muur kan ontstaan als er iemand tussen de projector en de projectie in staat. Dit zal vooral het geval zijn in kleinere ruimtes. Bij hoge ruimtes, waar de tekst boven het hoofd van de mensen wordt geprojecteerd, zal schaduw vorming geen probleem zijn, maar in kleine ruimtes wel. Een oplossing hiervoor is een short throw projector. Zo'n projector kan vanaf een kleinere afstand projecteren (*Figuur 2.2.2 en 2.2.3)*.

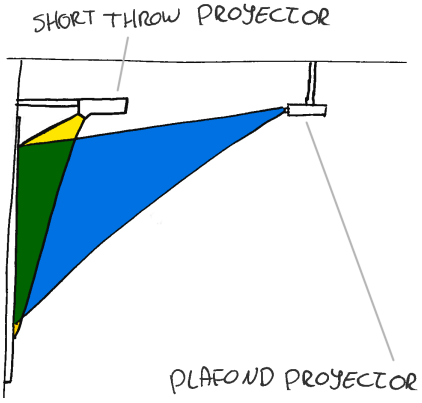


Fig 2.2.2 Short throw projector

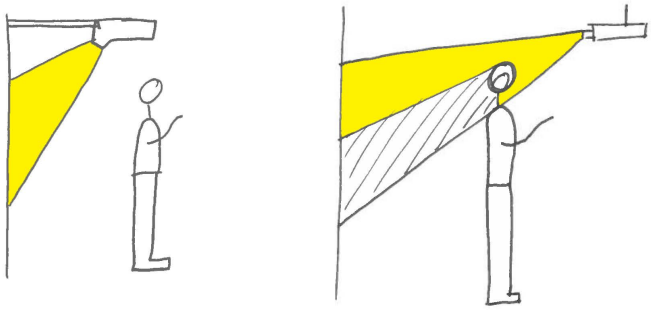


Fig 2.2.3 Short throw projector vs ceiling projector

Fig 2.2.4 Fisheye lens

Een short throw projector kan op twee manieren werken. Met spiegels of met een fisheye lens, zoals te zien is in *Figuur 2.2.4*. De projector met de spiegels wordt vlak bij de muur opgehangen en er is een spiegel onder een hoek onder geplaatst. Zo kan er geen schaduw komen.

Een fisheye lens kan een onder een grotere hoek projecteren, waardoor de projectie dichterbij de lens, nog steeds scherp is. Met een gewone lens kan een projector op een kleine afstand niet scherp projecteren.

Budget

De projector is een product wat een leuke extra gadget is voor een bedrijf. Ze zullen hier niet heel veel geld voor willen neerleggen. Daarom moet er een budget worden vastgesteld. Omdat het nog niet bekend is wat voor product het uiteindelijk gaat worden is dit lastig om vast te leggen. Maar het product moet in ieder geval goedkoper zijn dan een gewone beamer, omdat het met een beamer moet concurreren. De goedkoopste beamer op beamerwebwinkel.com, die geschikt zou zijn, kost €289. De prijs van de projector moet dus in hetzelfde gebied liggen om het product interessant te maken om aan te schaffen.
Maar als de projector meer kan dan een goedkope beamer kan, zou de prijs wel omhoog kunnen.

Eisen

1. Er moeten ongeveer 45 tekens op een regel kunnen staan.
2. De geprojecteerde tekst moet minimaal 3,5 meter breed kunnen zijn en minimaal 13 centimeter hoog kunnen zijn.
3. De lichtstroom van de projector moet minimaal 2500 tot 2700 lumen zijn om te kunnen projecteren in een ruimte met daglicht.
4. De kans op schaduwvorming moet beperkt worden.
5. De projector mag ongeveer €289 kosten.

Wensen

6. De projector kan meer dan een beamer en mag dus meer kosten dan €289.

2.3 MARKTONDERZOEK

Er zijn heel veel verschillende methoden om tekst te 'projecteren' of te laten verschijnen op een oppervlak. In dit hoofdstuk zal er onderzocht worden op wat voor manieren dit allemaal kan. Niet alle methoden worden besproken, maar wel de belangrijkste en interessantste. Het volledige verslag van alle methoden is te vinden in Bijlage 1.

Fig 2.3.1 Lasershowprojector

Uit het onderzoek blijkt dat het gewenste product technisch gezien al bestaat. Dit in de vorm van een lasershowprojector. Dit is een projector die vooral gebruikt wordt voor lasershows, maar hiernaast ook tekst kan laten verschijnen. Deze laserprojector is te zien in *Figuur 2.3.1*.

Hieruit blijkt dus dat het idee van een projector die tekst projecteert, technisch gezien mogelijk is. Dit was ook de verwachting. Maar deze lasershowprojector is niet geschikt voor consumenten of bedrijven, vanwege de prijs. De laserprojector die hiernaast is afgebeeld kost €1500. Daarom zal er gezocht worden naar een oplossing voor het idee, die minder duur is en even effectief.

Er moest dus een keuze worden gemaakt uit alle mogelijke methoden en ideeën waarmee tekst geprojecteerd of getoond kan worden, die gevonden zijn in het marktonderzoek. Deze keuze is gemaakt op basis van een aantal selectiecriteria die voortkomen uit het doel van de opdracht.

- Het product kan tekst projecteren.
- De tekst kan aangepast worden.
- Het product mag niet te duur worden.
- De toepassing van het product moet vernieuwend zijn.
- Het idee moet uitvoerbaar zijn.

In *Tabel 2.3.1* zijn alle methoden uit het onderzoek beoordeeld aan de hand van de vijf selectiecriteria. Horizontaal zijn alle methoden te zien. Verticaal staan de vijf criteria. Een 0 betekent dat de methode niet voldoet aan dit criteria. Een 1 betekent dat de methode er gedeeltelijk aan voldoet. Een 2 betekend dat de methode goed voldoet aan de criteria.

Uiteindelijk zijn hier vijf methoden uit voort gekomen die de hoogste score hebben (Dit zijn de groene methoden in *Tabel 2.3.1.* Dit zijn:

- Overheadprojector
- Led projectie wekker
- Smartphone projector
- Zelfgemaakte laser projector
- Alfabet lampen

Deze methoden zullen verder worden onderzocht. Hierbij zal er worden gekeken wat de mogelijkheden van deze methoden zijn in het licht van het beoogde product.

		Tekst projecteren	Aanpasbare tekst	Niet te duur	Vernieuwend	Uitvoerbaar	Score
Tekst afbeelden	Whiteboard	0	2	2	0	1	5
	Schoolbord	0	2	1	0	1	4
	Beeldscherm	0	2	1	0	2	5
	Led borden	0	2	0	0	2	4
	Lichtkrant	0	2	1	0	2	5
	Laser + luminous paint	1	1	1	2	0	5
	Inkodye	0	0	2	2	1	5
Lampen	Neon	0	0	2	1	1	4
	Nixie	0	2	0	2	1	5
	Cooling fan met led tekst	0	2	2	1	1	6
	Alfabet lampen	0	2	2	1	2	7
	Spellbrite	0	1	0	1	1	3
Projectors	Overheadprojector	2	1	2	1	2	8
	Diaprojector	2	0	2	0	2	6
	Smartphone projector	2	2	2	2	2	10
	Beamer	2	2	0	1	2	7
	Short throw projector	2	2	0	0	2	6
	Dome projector	2	2	0	0	2	6
	Led projectie wekker	2	2	2	1	2	9
Projectie met laser	Laserprojector	2	2	0	1	1	6
	Lasershow projectors	2	2	0	0	1	5
	Zelfgemaakte laser projector	2	2	1	2	1	8
Toepassingen met projectors	Home of the future	2	2	0	1	1	6
	Laser graffiti	2	2	0	2	0	6
	Phone en beamer	2	2	0	2	0	6
	Hologram	2	2	0	1	1	6
	Holographic foil	2	2	0	1	1	6
Decoratief	Interactieve typografische installatie	2	0	0	2	0	4
	Your text here	2	2	0	2	0	6
	Multimedia installatie Stockholm	2	0	0	2	0	4
	The cyrillic projector	2	0	0	2	0	4
	Licht projectie	2	0	0	2	0	4
	Monument	2	0	0	2	0	4

Tab 2.3.1 Beoordeling producten uit marktonderzoek

Overheadprojector

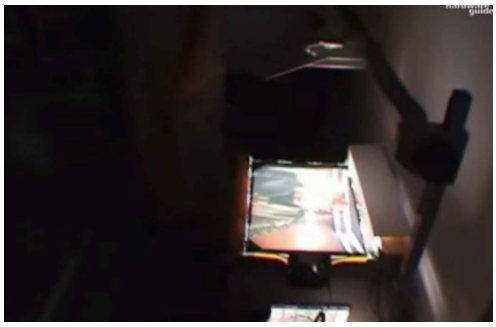


Fig 2.3.2 Zelfgemaakte overhead-videoprojector

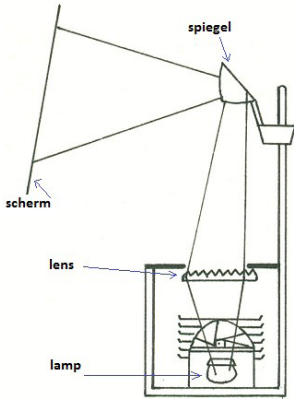


Fig 2.3.3 Schema overheadprojector

Fig 2.3.4 Gewone overheadprojector

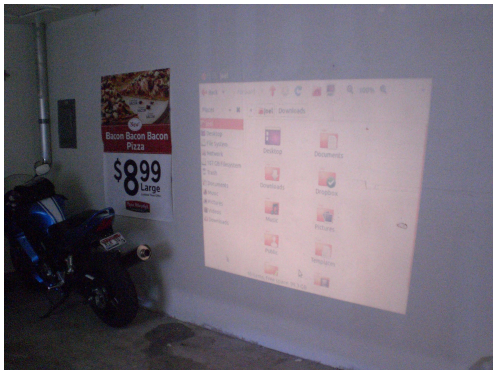


Fig 2.3.5 Projectie

Beschrijving methode:

Een overheadprojector bestaat uit een felle lamp onderin het apparaat, die wordt gekoeld door een ventilator. Boven de lamp bevindt zich een fresnellens. Dit is een speciale lens die platter is dan een gewone lens. Hier boven kan op een glasplaat een doorzichtige sheet worden geplaatst. Ver boven de glasplaat bevindt zich een objectief met een lens die het beeld opvangt wat naar boven wordt geprojecteerd. Hierin zit een spiegel onder ongeveer 45 graden die zorgt dat het beeld wordt geprojecteerd op een scherm of muur. Door het objectief omhoog of omlaag te schuiven en de spiegel te kantelen kan het beeld scherp gesteld worden. Een schematische afbeelding hiervan is te zien in *Figuur 2.3.3.*
(Projecting devices, sd)
(Fresnel lens, 2014)

Toepassing van de methode:

Een overheadprojector projecteert het beeld wat op de glasplaat ligt. Normaal gesproken is dit een transparante sheet, maar deze kan ook vervangen worden door een lcd. Zo'n lcd bestaat uit een transparant display, waar in een monitor een backlight achter zit. Als zo'n lcd op de glasplaat van een overheadprojector wordt geplaatst wordt het beeld op het lcd scherm geprojecteerd. Een projector als dit is ook te zien in *Figuur 2.3.7.* Op deze manier kan voor ongeveer €75 een beamer worden gemaakt. (Deze prijs is gebaseerd op tweedehands onderdelen met een overheadprojector voor €25 en een lcd monitor voor €25 en €25 voor extra onderdelen.)

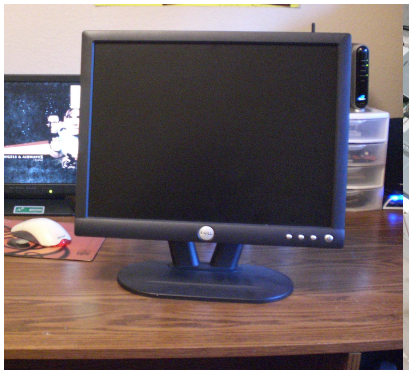


Fig 2.3.6 Monitor met lcd scherm

Fig 2.3.7 Overheadprojector met lcd scherm

Led projectie wekker

Beschrijving methode:

Deze wekker heeft een projector die de tijd op het plafond kan projecteren. Bovenop de wekker zit een kleine projector die in een half verduisterde kamer nog helder genoeg is om de tijd te kunnen projecteren op het plafond of de muur.

Fig 2.3.8 Led projectie wekker

Toepassing van de methode:

De projector van deze wekker zou gebruikt kunnen worden om tekst te projecteren. Om te kijken hoe een projector als deze precies werkt moet er één uit elkaar gehaald worden. Daarom is er zo'n wekker gekocht en uit elkaar geschroefd om te bekijken hoe de projector werkt. De gekochte wekker is te zien in *Figuur 2.3.9*.

Het bovenste gedeelte van de wekker bevat de projector. Deze projector is te zien in *Figuur 2.3.10*. Deze zit met drie kabeltjes verbonden aan de wekker. In de projector zelf bevindt zich een schakelaar, drie knopjes om de tijd in te stellen, een lens, een verstel schroef om scherp te stellen, een mini lcd en een led. Dit alles wordt aangestuurd door een printplaat met een aantal componenten.
In het gedeelte wat te zien is in *Figuur 2.3.12* bevindt zich de led en de lcd. Op de display staat de tijd met letters van +/- 2 mm hoogte. Deze tijd wordt geprojecteerd.

Fig 2.3.9 Wekker met projector

De lichtsterkte van deze projector is niet heel hoog, maar nog wel goed te lezen in een schemerige ruimte. De foto in *Figuur 2.3.11* is gemaakt in een ruimte met een raam. De projectie stond op de muur naast het raam, dus werd niet direct door licht beschenen. Op de muur tegenover het raam was de projectie niet te zien.
Dit product laat zien dat met een heel kleine projector er al tekst op een muur geprojecteerd kan worden. Als de led een grotere lichtsterkte heeft kan hij ook gebruikt worden in lichte ruimtes.

Fig 2.3.10 Projector gedeelte

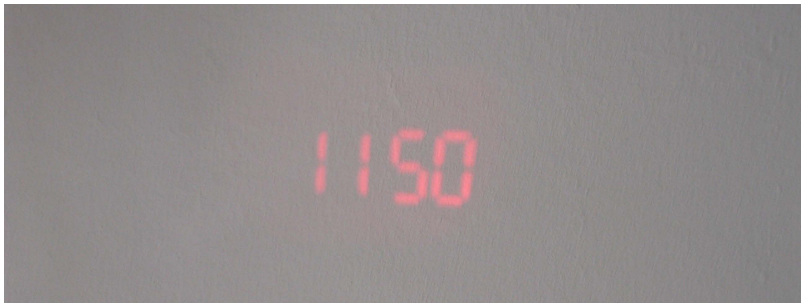


Fig 2.3.11 Projectie van de wekker

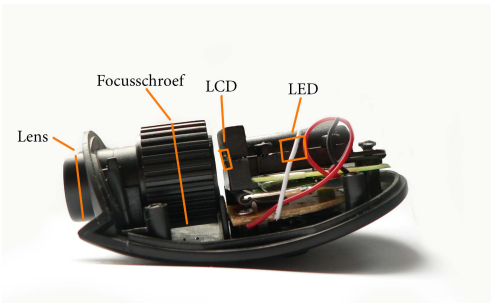


Fig 2.3.12 Projector gedeelte

7-SEGMENT DISPLAY

Fig 2.3.13 Schermpje waar licht door schijnt

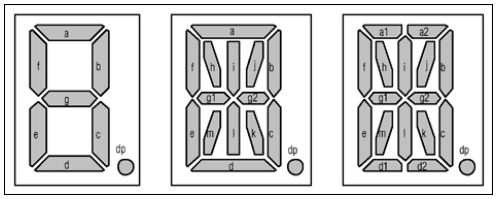


Fig 2.3.14 Verschillende segment typen

BESCHRIJVING METHODE:

Uit de wekker met de projector bovenop kwam ook het onderdeel dat te zien is in *Figuur 2.3.13, 2.3.15 en 2.3.16.* Dit 7-segment paneel wordt in de wekker geplaatst vóór de leds om de cijfers te vormen die op de voorkant van de wekker staan en de tijd aangeven. Achter elk gat in het paneel zit een led. Deze leds kunnen allemaal apart aangestuurd worden om zo alle cijfers te vormen.
Een 7-segment display is een display wat cijfers kan tonen. Alle cijfers kunnen worden gevormd door de zeven streepjes in het display.

TOEPASSING VAN DE METHODE:

Een 7-segment paneel kan ook gebruikt worden om tekst mee te vormen. Omdat er meer letters zijn kan er voor tekst beter een 14-segment paneel gebruikt worden. Verschillende soorten segment panelen zijn te zien in *Figuur 2.3.14.*
Als de leds achter een 14-segment paneel helder genoeg zijn, kunnen er letters mee worden geprojecteerd, door een lens voor het paneel te plaatsen.
(Richard C. Dorf , 1993)

Fig 2.3.15 Voorkant schermpje

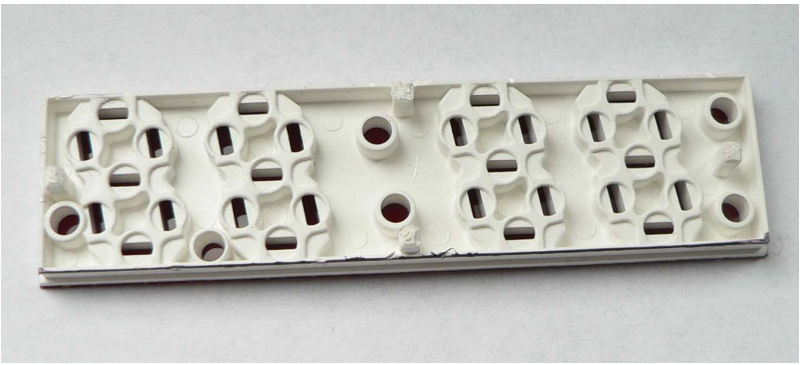


Fig 2.3.16 Achterkant schermpje

Smartphone projector 1

Beschrijving methode:

Met een smartphone en een lens kan een beeld worden geprojecteerd op een muur. Door een smartphone in een doos te plaatsen en een lens in een gat in de doos te zetten, schijnt het beeld van de smartphone door de lens en wordt geprojecteerd op de muur.

Fig 2.3.17 Zelfgemaakte projector

Toepassing van de methode:

Om te testen hoe goed dit werkt en hoe de projectie er dan uit ziet is dit idee nagebouwd zoals te zien is in *Figuur 2.3.17*. In een schoenendoos is een smartphone geplaatst met een loep voor een opening. Zo wordt het beeld van de smartphone geprojecteerd op de muur.
Uit deze test bleek dat de lichtsterkte van een smartphone laag is en het geprojecteerde beeld onduidelijk is (daarom is er ook geen foto van). Ook wordt de projectie vervormd door de ronde lens.

Smartphone projector 2

Beschrijving methode:

Met de opstelling van de projector met smartphone kan ook een ander soort projector worden gemaakt. Dit is te zien in *Figuur 2.3.18*. Hier is een transparante sheet geplaatst voor een lichtbron, in dit geval een smartphone. Door de lens wordt het beeld geprojecteerd op de muur. In deze opstelling is de vervorming van de lens nog beter te zien.
Dit zelfde idee wordt ook toegepast in het product in *Figuur 2.3.19*. Hier is een kleine projector te zien die gemaakt is in een tinnen doosje. Er kan een transparante sheet met afbeeldingen doorheen getrokken worden en die wordt geprojecteerd. Alleen is hierbij een led gebruikt in plaats van de smartphone. Deze led is feller en dus wordt het beeld een stuk duidelijker.
(Tolidas, sd)

Fig 2.3.18 Projector met sheet

Fig 2.3.19 Projector in tinnen doosje

Toepassing van de methode:

Dit idee kan worden gebruikt als de lichtsterkte van de lichtbron groot genoeg is. Deze lichtbron hoeft geen smartphone te zijn, maar kan ook een andere lamp zijn. Hierdoor kan de lichtsterkte al veel groter worden.

Laserprojector 1

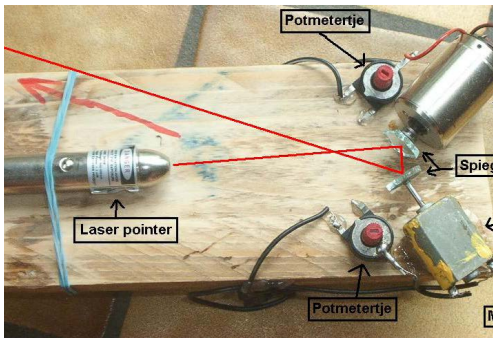


Fig 2.3.20 Zelfgemaakte laserprojector

Beschrijving methode:

Met een laser en twee motortjes kan een mini laserprojector (*Figuur 2.3.20*) worden gebouwd. De laserpointer geeft een lichtstraal. Deze lichtstraal schijnt op een spiegeltje die is vastgemaakt aan een stappenmotor. Doordat de spiegeltjes een beetje schuin op de motor bevestigd zijn, kan de hoek waaronder de laserstraal weer teruggekaatst wordt veranderd worden. Hierdoor kunnen figuren op de muur worden geprojecteerd. De werking hiervan is te zien in *Figuur 2.3.21.* Omdat er in de laserprojector in *Figuur 2.3.20* twee stappenmotors bevestigd zijn, kan de laserstraal bewegen over de x- en de y-as.
(De laser projector, sd)

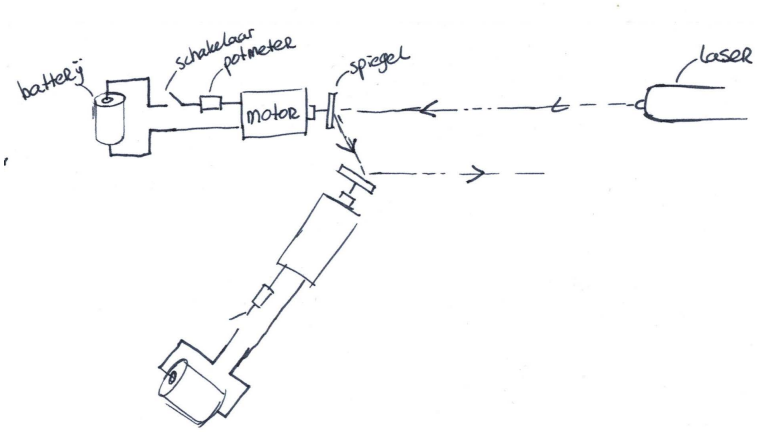


Fig 2.3.21 Werking laserprojector 1

Toepassing van de methode:

Door de motortjes heel snel te laten bewegen kunnen letters worden gevormd. Om meerdere letters of woorden te projecteren moeten de motortjes nog sneller bewegen. Doordat de laserstraal zo snel over de muur heen beweegt, lijkt het alsof er letters geprojecteerd worden. In werkelijkheid is het maar één punt, dat beweegt.

Laserprojector 2

Beschrijving methode:

Met de projector die te zien is in *Figuur 2.3.22* kunnen ook letters worden geprojecteerd. Deze projector werkt ook met een laserstraal. Deze lichtbundel valt op een rond carrousel met spiegeltjes. Deze spiegeltjes zijn allemaal net onder een andere hoek geplaatst. Als dit carrousel heel snel rond draait, wordt de laserstraal steeds onder een andere hoek teruggekaatst. Hierdoor ontstaan een aantal verticale lijnen zoals te zien is in *Figuur 2.3.2.*. Als de laser heel snel aan en uit flitst, kunnen letters worden gevormd. De projectie ziet er dan uit als in *Figuur 2.3.25.* De werking van de projecor is te zien in *Figuur 2.3.24.*
(Alpha-Numeric Laser Projector, 2013)

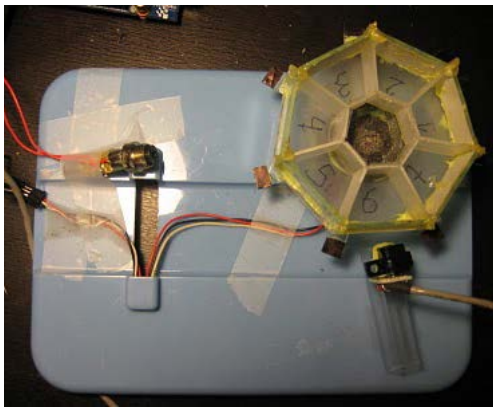


Fig 2.3.22 Carrousel laser projector

Toepassing van de methode:

Met deze projector kan dus tekst worden geprojecteerd. Het aantal spiegeltjes op het carrousel bepaalt de hoogte van de letters. De snelheid waarmee de laser aan en uit kan gaan bepaalt de hoeveelheid 'pixels' die de projector kan vormen. Hoe meer pixels, hoe meer letters. Hier zit wel een grens aan. De afgebeelde projector kan maximaal acht letters projecteren. Dit is niet genoeg voor het product dat ontworpen moet worden.

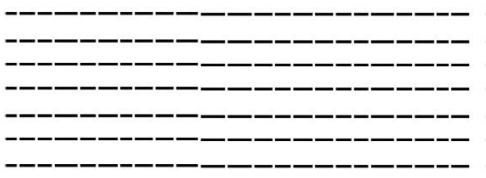


Fig 2.3.23 Projectie laserprojector 2

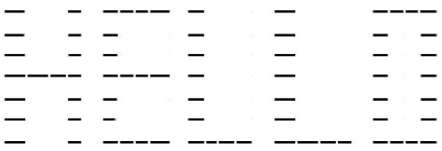


Fig 2.3.25 Projectie laserprojector 2

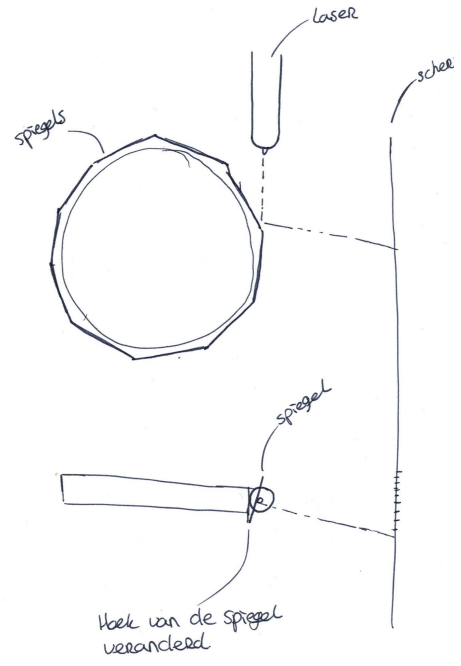


Fig 2.3.24 Werking laserprojector 2

Alfabet

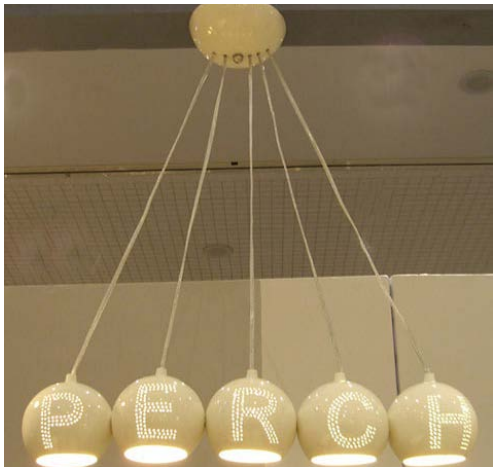


Fig 2.3.26 Lampen met letters

Fig 2.3.27 Letter carrousel

Dit is de enige methode die geen tekst projecteert. Toch is de methode wel uitgekozen, omdat met een aantal kleine aanpassingen, deze methode wel geschikt is voor projectie.

Beschrijving methode:

Met deze methode worden de letters op een analoge manier weergegeven. De letters bestaan uit letter vormige lampen.

Toepassing van de methode:

Als de letters van de lampen veranderd kunnen worden, dan is de tekst aanpasbaar. Hoe dit verder toegepast kan worden zal worden uitgewerkt in een concept.

Morfologisch schema

Dit zijn een aantal methoden waarmee tekst kan worden geprojecteerd of getoond. Al deze projectiemethoden kunnen worden gereduceerd tot drie onderdelen; een lichtbron, een beelddrager en een lens. Elke projector bestaat uit deze drie onderdelen. Hoe deze drie onderdelen er individueel uit zien kan variëren.

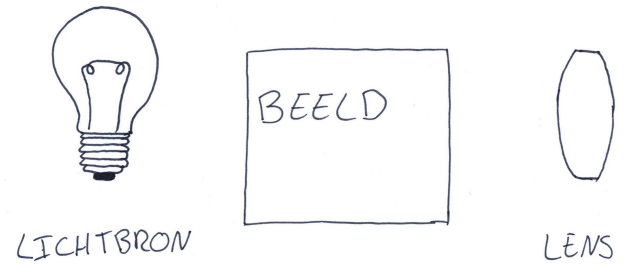


Fig 2.3.28 Drie onderdelen

De drie onderdelen zijn terug te vinden in alle methoden van het afgelopen hoofdstuk. Al deze methoden zijn geïnventariseerd en samengevoegd in een morfologisch schema. Dit schema is te zien in *Figuur 2.3.29*.

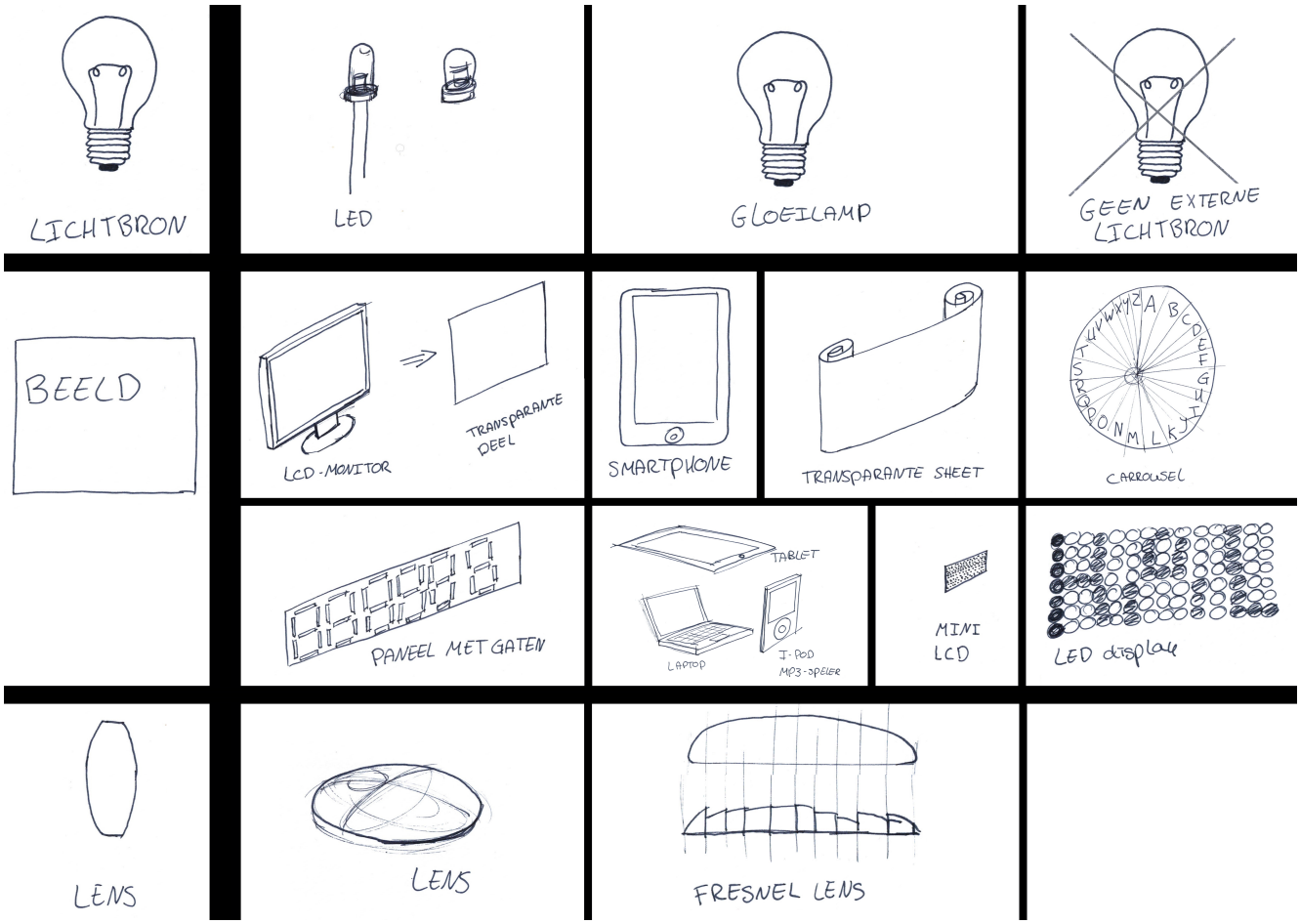


Fig 2.3.29 Morfologisch schema

2.4 COMPONENTEN UIT HET MORFOLOGISCH SCHEMA

Een aantal componenten uit het morfologisch schema moeten verder worden onderzocht om te kunnen beoordelen hoe ze kunnen worden toegepast in een concept. De componenten zullen in de volgorde van voorkomen in het morfologisch schema, behandeld worden.

In *Bijlage 2* worden alle componenten in meer detail behandeld.

LICHTBRON

Er bestaan verschillende soorten lichtbronnen die gebruikt kunnen worden in een projector. Hierbij kan er gedacht worden aan leds, maar ook gloeilampen en halogeenlampen.

LEDS

Een led is een klein lampje dat is ondergebracht in een behuizing met een kunstof lens om het licht te bundelen. Er zijn heel veel verschillende soorten leds, met allemaal een eigen specialisme.

HOGEHELDERHEIDSLED

Een hogehelderheidsled (*Figuur 2.4.1*)is een led die een lichtsterkte heeft tot meer dan 3000 lumen bij een vermogen van 30 Watt (0.01 W/lm). Deze led's zijn zo gemaakt dat ze een grotere elektrische stroom kunnen hebben. Een nadeel hiervan is dat de led's erg warm worden. *(Luminus products Datasheet, 2009)*

Fig 2.4.1 Hogehelderheidsled

GLOEILAMP

Een gloeilamp is een ouderwetse lamp, die niet meer gebruikt mag worden, doordat hij een laag rendement heeft. Vroeger werkten diaprojectors met een gloeilamp.

Fig 2.4.2 Gloeilamp

ENERGIEVERBRUIK VAN DE LICHTBRON

Al deze lampen hebben een bepaald energieverbruik. Omdat de lamp in de projector veel aan staat is het belangrijk dat deze lamp energiezuinig is.

Het energieverbruik van de projector kan vergeleken worden met dat van een apparaat wat ook de hele dag aan staat. Een koelkast is een voorbeeld van zo'n apparaat. De nieuwste koelkasten hebben een energieverbruik van 129 kWh per jaar. De projector moet minder energie kunnen gebruiken dan een koelkast, omdat een koelkast andere functies heeft. Dus het energieverbruik mag maximaal 129 kWh per jaar zijn bij een brandtijd van tien uur per dag.
(Emck, 2011)

Beeld

Er zijn verschillende manieren waarop beeld weergegeven kan worden. In het morfologisch schema wordt een lcd genoemd.

Een lcd scherm is transparant en laat licht door. Dit principe kan gebruikt worden in de concepten.

Seven segment display

Een seven segment display is een vereenvoudigde versie van een lcd scherm.

Lenzen

Een lens is een doorzichtig voorwerp – meestal van glas, maar ook wel van heldere kunststof – waarmee lichtbundels convergent of divergent kunnen worden gemaakt.

Fresnellens

Een fresnellens bestaat uit een in concentrische ringen of schillen opgedeelde lens. De dikte van de ringen is steeds ongeveer gelijk, zodat de lens bij benadering vlak is. In *Figuur 2.4.3* is bij nummer 2 de doorsnede van de ontstane fresnellens weergegeven. De vergrotende of verkleinende werking wordt niet anders door het weglaten van delen van de lens die niet bijdragen aan de breking.

Het grote voordeel van een fresnellens is een vermindering van materiaal en een verminderde dikte. Door de kleinere dikte is ook de optische verzwakking door absorptie geringer.
(U.S. Patent No. 4787722, 1988)

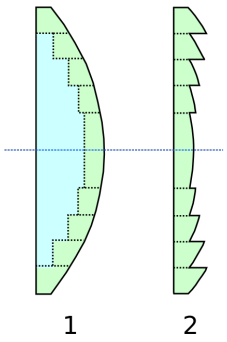


Fig 2.4.3 Principe fresnellens

Eisen

De volgende eisen kunnen aan de componenten worden gesteld, aan de hand van dit onderzoek en het onderzoek wat te zien is in *Bijlage 2.*

1. Het energieverbruik van de lamp moet minder dan 129 kWh per jaar zijn bij 10 branduren per dag.
2. De lens moet verstelbaar zijn, zodat de tekst scherp te stellen is.

2.5 PROGRAMMA VAN EISEN

Aan de hand van de eisen die zijn gevonden in de analyse fase is dit programma van eisen opgesteld. Niet alle eisen zijn even belangrijk. De eisen met een (3) zijn het belangrijkst en de eisen met een (1) het minst belangrijk.

Functionele eisen

1. Er moet een product ontworpen worden dat tekst projecteert op de muur. (3)
2. De tekst moet schrijvend ontstaan. (3)
3. De tekst moet verschijnen op de muren rondom. (2)
4. Bij het product gaat om de ervaring van de gebruiker, die hij krijgt door de geprojecteerde tekst op de muur. (3)
    a. Het product moet bijdragen aan een positieve ervaring van de gebruiker
    b. De techniek mag niet op de voorgrond treden. Het draait om de tekst op de muur en de techniek die hier achter zit mag niet de aandacht trekken.
5. De tekst moet door de gebruiker aangepast kunnen worden. (3)
    a. Het product moet interactief zijn.
    b. De tekst moet binnen een minuut aangepast kunnen worden.
6. De toepassing van het product moet vernieuwend zijn. (2)
7. Er moeten ongeveer 45 tekens op een regel kunnen staan. (2)
8. De geprojecteerde tekst moet minimaal 3,5 meter breed kunnen zijn en minimaal 13 centimeter hoog kunnen zijn. (2)

Technische eisen

9. De lichtstroom van de projector moet minimaal 2500 tot 2700 lumen zijn om te kunnen projecteren in een ruimte met daglicht.(3)
10. De kans op schaduwvorming moet beperkt worden.(2)
11. De projector mag ongeveer €289 kosten. (2)
12. Het energieverbruik van de lamp moet minder dan 129 kWh per jaar zijn bij 10 branduren per dag. (2)
13. De lens moet verstelbaar zijn, zodat de tekst scherp te stellen is. (3)

Wensen

14. Het product kan ook logo's en afbeeldingen projecteren. (1)
15. Het product kan in verschillende kleuren projecteren. (1)
16. De projector kan meer dan een beamer en mag dus meer kosten dan €289. (1)

Deze eisen zijn alleen gericht op de het projector gedeelte van het product. Er is nog geen rekening gehouden met de bediening en het gebruik door de gebruiker. Hier zal verder op ingegaan worden in de detailleringsfase.

3. CONCEPTFASE

Met behulp van het morfologisch schema wat gevormd is in de analysefase zijn concepten bedacht. Hierbij zijn er steeds uit elke categorie één of meerdere methoden gekozen (*Figuur 3.1.1*). Bijvoorbeeld, voor concept 1 (rood), is een led gekozen als lichtbron, een paneel met gaten als beeldvormer en een gewone lens als lens. Zo is dit voor alle concepten gedaan. Er is hierbij wel voor gezorgd dat de samengevoegde methoden kunnen werken. Ook zijn de concepten gedeeltelijk gevormd aan de hand van de producten die te zien zijn in het marktonderzoek.

In deze fase zijn deze concepten verder onderzocht. De concepten zijn, zover mogelijk, nagebouwd om ze te kunnen testen. Aan het eind van deze fase is er een concept gekozen, wat verder uitgewerkt kan worden.

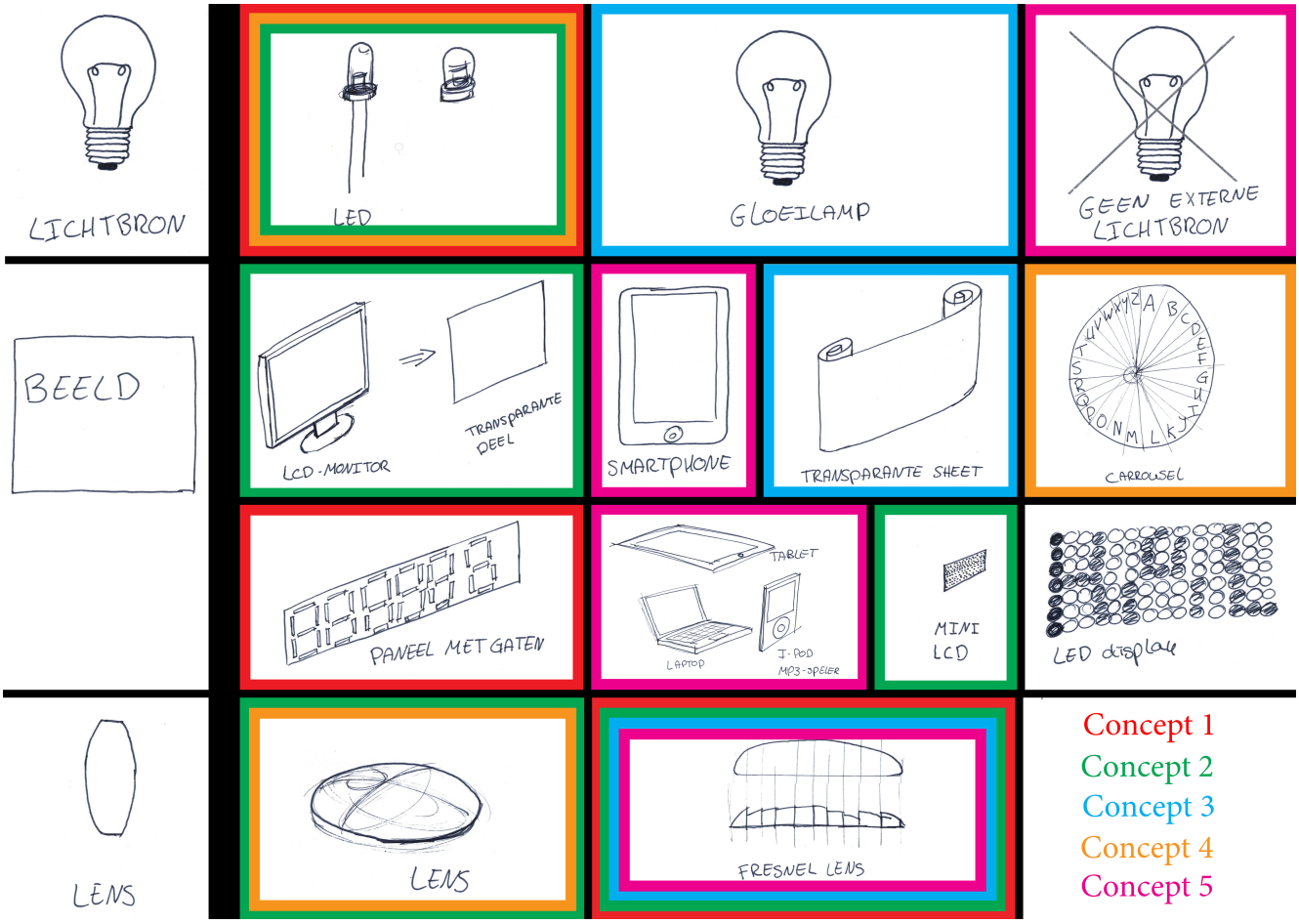


Fig 3.1.1 Morfologisch schema

3.1 CONCEPTEN

CONCEPT 1

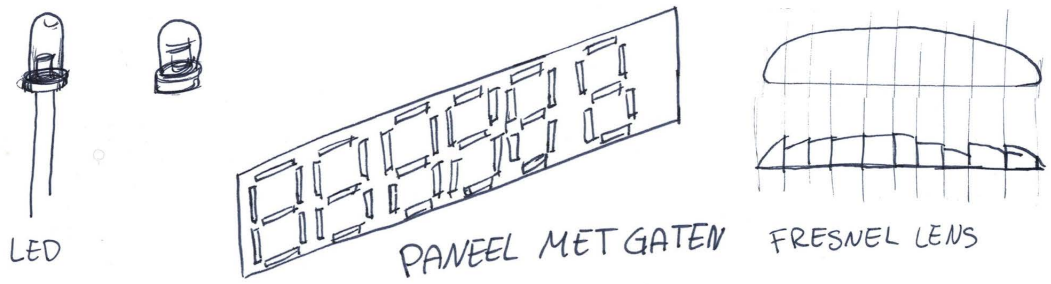


Fig 3.1.2 Concept 1 volgens morfologisch schema

WERKING

Het eerste concept bestaat uit een paneel met gaten in de vorm die te zien is in *Figuur 3.1.*3 Achter elk gat in het paneel zit een led. Deze leds kunnen allemaal apart aan- en uitgezet worden. Door bepaalde leds aan en uit te zetten kunnen letters gevormd worden. Deze letters kunnen worden geprojecteerd door een fresnellens voor het paneel te plaatsen.

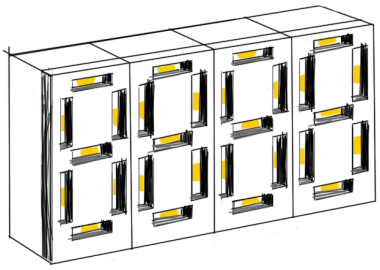


Fig 3.1.3 Paneel met gaten

OPBOUW

De opbouw van het concept ziet er uit als in *Figuur 3.1.4.* Achter het segment paneel zitten de leds. Voor het paneel zit een fresnellens, die zorgt dat het beeld geprojecteerd wordt.
Dit geheel wordt ongeveer 300 mm diep, 500 mm breed en 100 mm hoog.

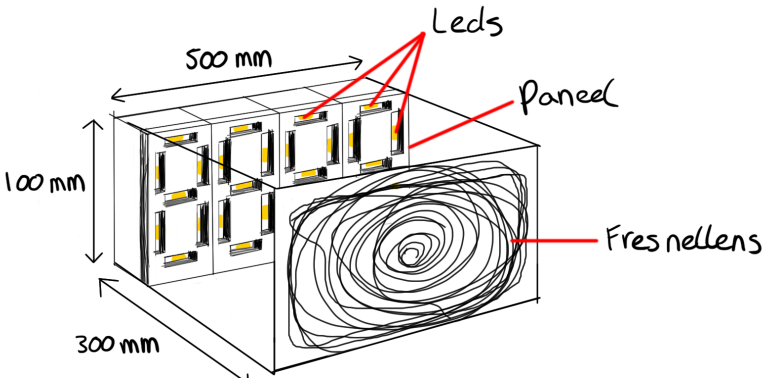


Fig 3.1.4 Afmetingen en opbouw concept 1

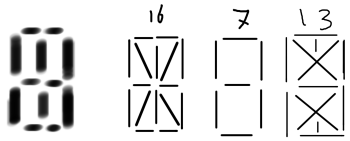


Fig 3.1.5 Verschillende lettertypen

COMPONENTEN

Paneel

In het paneel moeten gaten zitten. Dit kan in de vorm van een segment display, zoals te zien is in *Figuur 3.1.5*. Zo'n segment display kan in verschillende uitvoeringen, met een verschillend aantal gaten. Door de configuratie van de gaten te veranderen, kunnen andere soorten letters en cijfers gevormd worden.

Achter elk gat in het paneel moet een led geplaatst worden. Om het geheel zo eenvoudig mogelijk te houden, moet het aantal gaten dus worden geminimaliseerd.
Een paneel als dit zal speciaal gemaakt moeten worden. Deze prijs wordt geschat op €2. (Het is een klein, eenvoudig onderdeel dat uit kunststof gemaakt kan worden.)

Leds

Achter elk gat in het paneel moet een led geplaatst worden. Dit moeten leds zijn met een hoge lichtsterkte, zodat de projectie goed te zien is. Om 45 tekens te kunnen projecteren zijn er minimaal 13 * 45 = 585 leds nodig. Dit zijn erg veel leds.
Een redelijke kleine led met een hoge helderheid kan ongeveer €0.05 kosten. (Op Conrad.nl kost één zo'n led €0.20. De inkoopprijs zal ongeveer 4 keer lager liggen.) Voor 600 leds komt dit op €30.
De leds moeten worden gemonteerd op een printplaat. Dit wordt ook gedaan in wekkers met een Seven Segment Display (zoals te zien is in het marktonderzoek). Dit hoeft dus niet erg duur te zijn. De prijs voor het monteren wordt geschat op €60, wat twee keer de materiaalkosten is.
(Kingbright SMD-LED, sd)

Lens

Er zal een redelijk grote fresnellens voor het paneel geplaatst moeten worden. Een fresnellens van 300*500 mm kost op ebay ongeveer €3. De kostprijs hiervoor zal ongeveer €1 zijn.
(Fresnel lens magnifier, sd)

Elektronica

Er zijn een aantal elektronica componenten nodig om de leds aan te sturen en ook voor de stroomtoevoer. Dit zal ongeveer €15 kosten.

Testen

Er is een testopstelling gebouwd om het concept te testen. Dit is gedaan door het paneel uit de wekker die te zien is in het marktonderzoek, zo af te plakken dat er letters ontstaan. Dit is te zien in *Figuur 3.1.6*. Hier is een lamp achter geplaatst en een fresnellens voor. De opstelling is te zien in *Figuur 3.1.7*. In *Figuur 3.1.8* is het resultaat van deze test te zien. De letters worden geprojecteerd, alleen de helderheid is niet zo hoog. Deze zou verhoogd kunnen worden door fellere lampen.

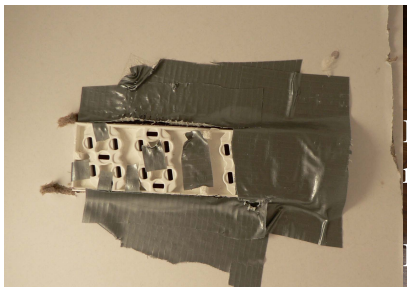


Fig 3.1.6 Paneel met afgeplakte gaten

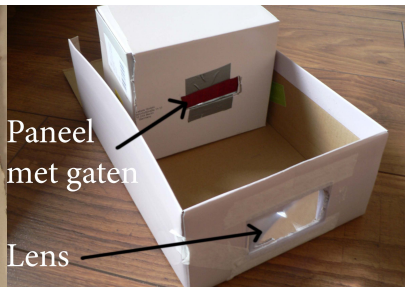


Fig 3.1.7 Testopstelling met paneel

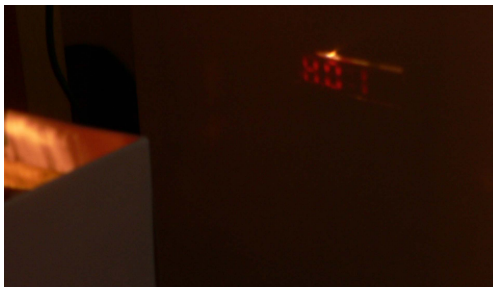


Fig 3.1.8 Resultaat met paneel

Voor- en nadelen

- De tekst kan niet schrijvend ontstaan. De letters zouden wel één voor één kunnen verschijnen, maar niet met het schrijvende effect wat de opdrachtgever bedoeld.
- Het concept is modulair. Er kunnen steeds letters worden toegevoegd. Zo kunnen er lange zinnen worden geprojecteerd.
- De tekst is aanpasbaar.
- Er zijn erg veel leds nodig voor dit concept. Hierdoor wordt het ook lastig om rondom te projecteren. Met dit concept zouden er meerdere projectors nodig zijn om op alle muren te kunnen projecteren. Hier zouden nog veel meer leds voor nodig zijn, wat het minder haalbaar maakt.
- De totale prijs wordt ongeveer €108 (€30 + €60 + €2 + €1 + €15).

Concept 2

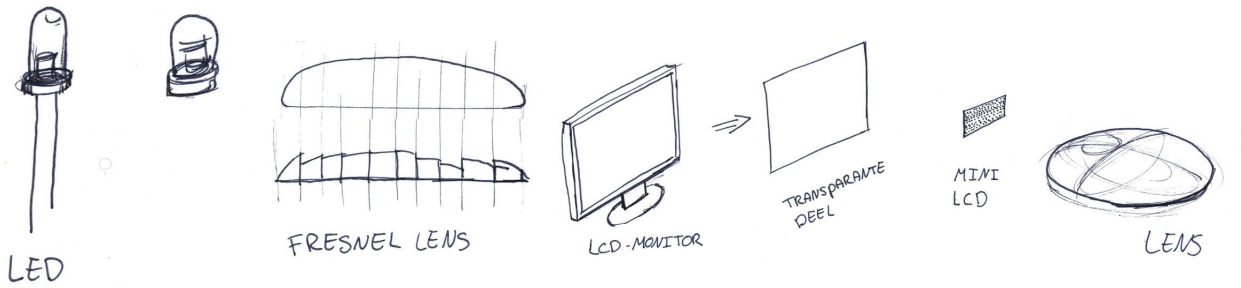


Fig 3.1.9 Concept 2 volgens morfologisch schema

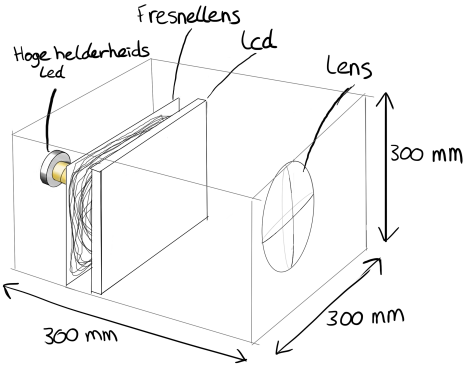


Fig 3.1.10 Opbouw concept 2

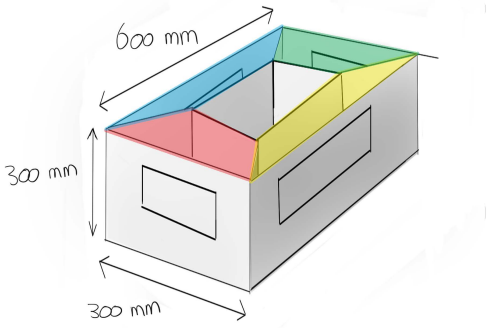


Fig 3.1.11 Opbouw concept 2 rondom projecteren

Fig 3.1.12 Lcd

Werking

Dit concept werkt met een lcd. Een lcd is een transparante display. Op dit display kan een beeld weergegeven worden. Als hier een led achter staat, schijnt er dus licht door de display. Dit licht kan door een lens geprojecteerd worden.

Een lcd werkt zo dat als er witte letters weergegeven worden, deze transparant zijn. De rest van het beeld, wat zwart is, is niet transparant. Als achter de display een lichtbron staat, schijnt er dus licht door de letters. Deze letters kunnen geprojecteerd worden.

De fresnellens wordt in dit concept tussen de led en de lcd geplaatst. Zo zorgt de fresnellens er voor dat het licht van de led gelijkmatig verdeeld wordt over de lcd. Voor de lcd wordt een andere lens geplaatst, die zorgt dat de tekst geprojecteerd wordt.

Opbouw

De opbouw van dit concept is te zien in *Figuur 3.1.10.* Het geheel wordt ongeveer 300 mm diep, 300 mm breed en 300 mm hoog. Om dit concept rondom te laten projecteren zou de opbouw ongeveer hetzelfde blijven, alleen zouden er vier projectors nodig zijn. Een voorbeeld hier van is te zien in *Figuur 3.1.11.* Hierdoor worden de afmetingen: 600 mm diep, 300 mm breed, 300 mm hoog.

Componenten

Lcd

Voor dit concept is een transmissief lcd nodig. Dit is een lcd waar een lichtbron achter geplaatst kan worden. Door de lichtbron wordt de tekst op het display zichtbaar. Een display zoals te zien is in *Figuur 3.1.12* zou hier voor geschikt zijn. Alleen moet het display groter zijn om meer tekst te kunnen weergeven.
Een lcd met een redelijke resolutie en van 200 * 150 mm kost ongeveer €5. (Een nieuw lcd scherm in een telefoon kost minimaal €15) *(Nokia N71 Onderdelen, sd)*

Led
Omdat de projector een hoge helderheid nodig heeft moet een hogehelderheidsled gebruikt worden. Dit is een led met een lichtsterkte van meer dan 2900 lumen. (*Figuur 3.1.13*) Een led met deze helderheid en een redelijke kwaliteit kost ongeveer €18. *(High Power LEDs, sd)*

Fig 3.1.13 Hogehelderheidsled

Lenzen
In dit concept wordt een fresnellens gebruikt om het licht van de led gelijkmatig over de lcd te verspreiden. Deze fresnellens wordt vlak voor het lcd scherm geplaatst. Aan de andere kant van de lcd wordt een andere lens geplaatst. Deze lens zorgt er voor dat de tekst die op het display staat, geprojecteerd wordt. Een goede lens kost ongeveer €5.

Elektronica
Er zijn een aantal elektronica componenten nodig om de lcd en de leds aan te sturen en ook voor de stroomtoevoer. Dit zal ongeveer €10 kosten.

Testen

Dit concept is getest met de projector van de wekker. (*Figuur 3.1.14*) Deze projector bestaat ook uit een led, een lcd en een lens. Met deze projector wordt de tijd geprojecteerd op het plafond.Het principe van dit concept is dus gelijk aan dat van de projector van de wekker. Deze projector werkt niet in een volledig lichte ruimte. De projectie is te zien in *Figuur 3.1.15*. Omdat de lichtsterkte van deze led niet groot genoeg blijkt te zijn, zou er een heldere led in de projector moeten komen om in elke ruimte te kunnen projecteren.

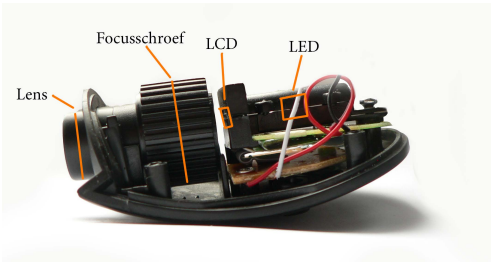


Fig 3.1.14 Projector van de wekker

Fig 3.1.15 Projectie van de projector van de wekker

Voor- en nadelen

- Met dit concept dat de tekst schrijvend ontstaan, omdat er een lcd scherm wordt gebruikt. Als de resolutie van dit scherm hoog genoeg is kan er een 'filmpje' worden afgespeeld dat schrijvende letters laat zien.
- De tekst kan aangepast worden.
- Als er vier projectors in één worden gebruikt, kan de tekst rondom worden geprojecteerd
- Dit is een relatief eenvoudig concept en de werking ervan is bewezen in de test.
- De hoeveelheid tekst die kan worden geprojecteerd hangt af van de afmetingen van het display. Maar dit display kan in elk formaat gekozen worden. Er kan dus gemakkelijk veel tekst worden geprojecteerd zonder dat er meer materiaal nodig is.
- Het werkingsprincipe bestaat al en is dus niet vernieuwend.
- De prijs van deze projector wordt ongeveer €38. (€5 +€18 + €5 + €10)

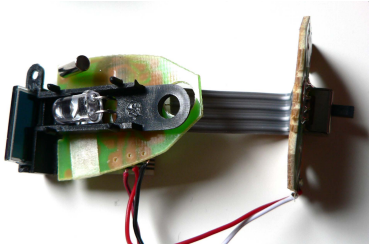


Fig 3.1.16 Binnenkant projector van de wekker

Concept 3

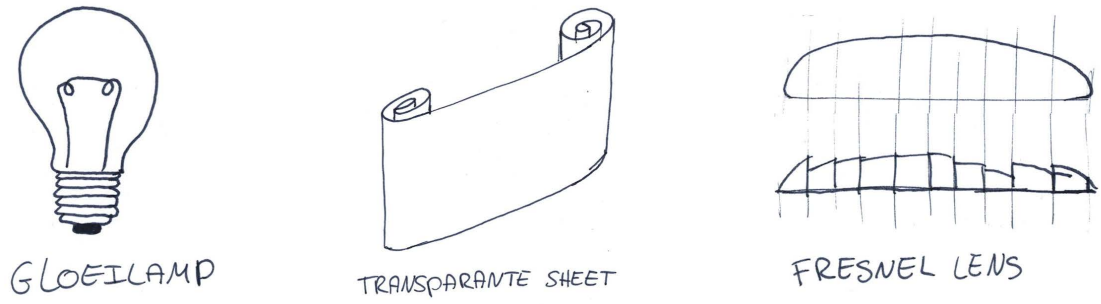


Fig 3.1.17 Concept 3 volgens morfologisch schema

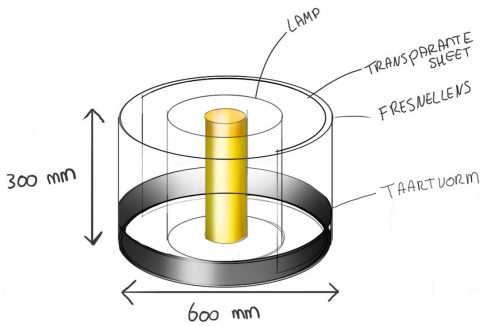


Fig 3.1.18 Opbouw concept 3

Werking

Dit concept bestaat uit een cilindervormige lamp. Rondom deze lichtbron zit een transparante sheet, waarop letters staan. Hier om heen zit een fresnellens, die er voor zorgt dat de tekst geprojecteerd wordt. Dit principe is te zien in *Figuur 3.1.18.*
Doordat het licht door de transparante sheet schijnt, maar niet door de letters die hier op staan, worden de letters donker weergegeven en het vlak eromheen is licht.

Opbouw

De opbouw van dit concept is te zien in *Figuur 3.1.18*. De diameter van de projector is 600 mm. De hoogte van de projector is 300 mm.

Componenten

Lichtbron
In het midden van de cilindervormige projector bevindt zich een lichtbron. Deze lichtbron moet naar alle kanten licht uitstralen. Daarom zou een hogehelderheidsled niet geschikt zijn, omdat deze maar aan één kant licht uitzendt. Een gloeilamp, of een lamp met een vergelijkbare vorm is wel geschikt. De lichtsterkte van deze lamp moet wel hoog zijn. Een lamp als dit zal ongeveer €5 kosten.

Sheet
Bij deze projector staat de tekst op een transparante sheet. Door de zwarte (of een andere kleur) letters op de sheet kan geen licht vallen, waardoor er een schaduw ontstaat. Deze schaduw wordt geprojecteerd. De tekst op deze sheet is niet digitaal aanpasbaar. Het zou wel mogelijk zijn om de hele sheet te verwisselen en zo de tekst aan te passen. Deze sheet zal ongeveer €5 kosten.

Fresnellens
De fresnellens wordt rond gebogen rondom de projector. Deze lens moet dus redelijk groot zijn, om de hele projector te kunnen omspannen. Als de projector een diameter heeft van 600 mm, moet de fresnellens 1884 mm lang zijn. Een fresnellens met een breedte van 1200 mm kost €22. De benodigde fresnellens zal dus ongeveer €30 kosten.

Elektronica
Er zijn een aantal elektronica componenten nodig om de lichtbron aan te sturen en ook voor de stroomtoevoer. Dit zal ongeveer €10 kosten.

Testen

Dit concept is getest. Voor deze opstelling is de fresnellens in een ronde taartvorm geklemd. Hierin staat een cilindervormige vaas met hierin de transparante sheet. Hierin is een lamp geplaatst. Deze opstelling is te zien in *Figuur 3.1.19*.

Fig 3.1.19 Testopstelling één

In deze opstelling ligt de afstand tussen de sheet en de fresnellens vast. Hierdoor is het lastig om scherp te stellen. Het beeld dat geprojecteerd wordt, ziet er uiteindelijk uit zoals te zien is in *Figuur 3.1.20*. Hier is te zien dat het beeld niet scherp is. Ook wordt het beeld vervormd. De letters krijgen de vorm die te zien is in *Figuur 3.1.21*. De letters worden naar de zijkanten toe uitvergroot.
Deze vervorming kan in principe gecorrigeerd worden, door de te projecteren letters een tegengestelde vorm te geven. De tekst zou er dan uit moeten zien zoals in *Figuur 3.1.22*

In de tweede testopstelling kan de afstand van de transparante sheet naar de fresnellens wel aangepast worden. Deze opstelling is te zien in *Figuur 3.1.23.* Hier is de fresnellens weer in een taartvorm geklemd. De afstand tussen het beeld en de lens is veel groter gemaakt. Deze is nu ongeveer 400 mm. Hierdoor staat het beeld verder weg dan de brandpuntsafstand, waardoor het beeld wel scherp zou moeten worden. Er kon bij deze test geen

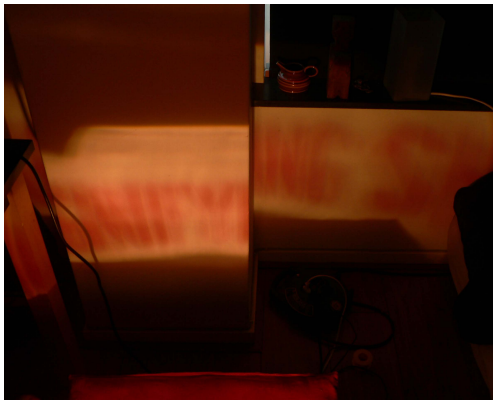


Fig 3.1.20 Resultaat test één

Fig 3.1.21 Voorbeeld vervorming

Fig 3.1.22 Correctie van vervorming

Fig 3.1.23 Testopstelling twee

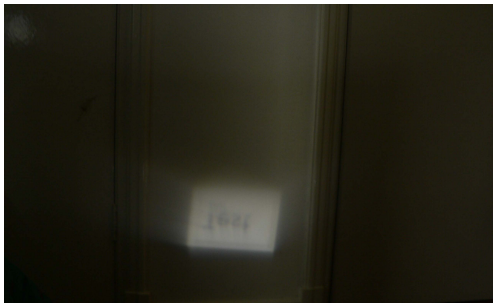


Fig 3.1.24 Resultaat van test twee

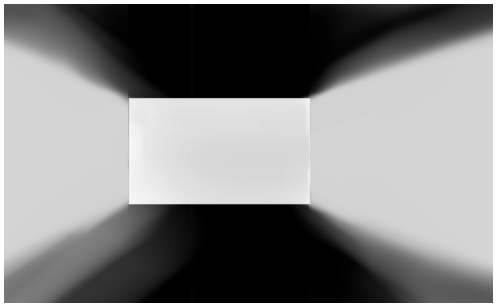


Fig 3.1.25 Lichtbanen met gebogen fresnellens

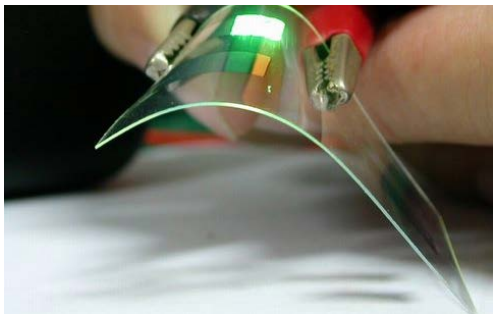


Fig 3.1.26 Buigbaar Oled scherm

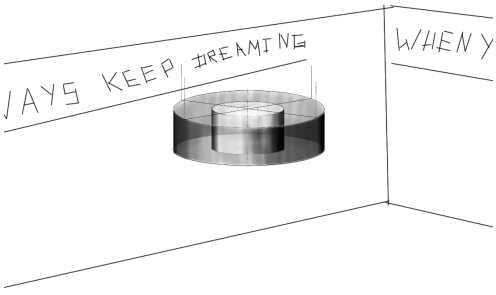


Fig 3.1.27 Rondom projecteren

gebruik gemaakt worden van de transparante sheet en de lamp, omdat de fresnellens hier niet groot genoeg voor is. Omdat de voorwerpsafstand veel groter is, wordt de diameter van de projector groter en kan de fresnellens niet meer helemaal rondom gebogen worden. Daarom is er een smartphone met tekst gebruikt, die geprojecteerd wordt.

Uit deze tweede test blijkt dat de lens buigen geen optie is. Bij deze test was de voorwerpsafstand groot genoeg, en toch werd het beeld onscherp. Het resultaat van deze test is te zien in *Figuur 3.1.24.* Het beeld is in het midden nog redelijk scherp, maar naar de zijkanten waaiert het sterk uit. Deze vervorming is nagetekend in *Figuur 3.1.25*. Dit verschijnsel is te verklaren. Een lens zorgt ervoor dat de lichtstralen breken. Als de lens dan gebogen wordt, worden de lichtstralen niet meer dezelfde kant op gebroken, maar meer verspreidt. Dit zorgt voor het effect van *Figuur 3.1.20* en *Figuur 3.1.24.*

Voor- en nadelen

- De tekst is niet aanpasbaar als er een transparante sheet gebruikt wordt. De tekst kan dan alleen aangepast worden door een andere sheet in de projector te plaatsen Hier zal een andere oplossing voor gevonden moeten worden. De moeilijkheid is dat het 'scherm' rond gebogen moet worden. Dit zou kunnen met een Oled display. (*Figuur 3.1.26*) Dit is een display die flexibel is en dus gebogen kan worden. Dit display heeft ook geen backlight nodig, omdat het van zichzelf licht geeft. Dit is niet genoeg licht om mee te kunnen projecteren. Ook is een Oled scherm nog duur en dus niet geschikt voor deze projector. *(Sugimoto, 2004)*
- De tekst kan niet schrijvend ontstaan.
- De bedoeling van dit concept was dat de projector rondom kon projecteren, zoals te zien is in *Figuur 3.1.27*. Uit de tests bleek dat dit technisch niet mogelijk is. Dit concept is dus niet haalbaar.
- Dit concept is niet te duur. De totale prijs komt op ongeveer €50. (€5 + €5 + €30 + €10)
- Bij deze projector is er wel kans op schaduwvorming, omdat de projector in het midden van de ruimte moet hangen (*Figuur 3.1.27).*

Concept 4

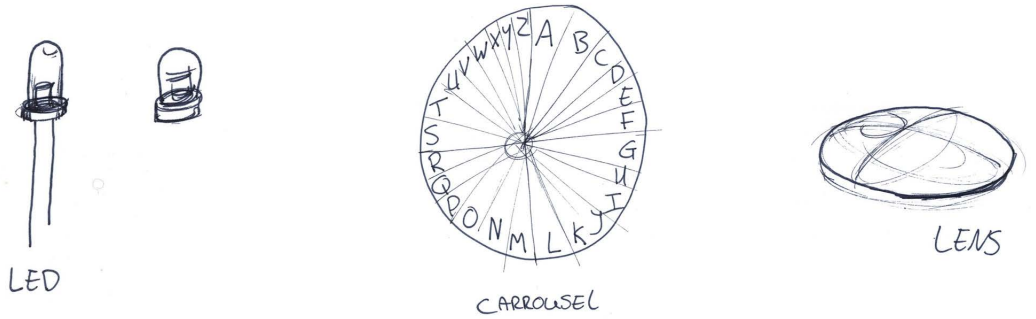


Fig 3.1.28 Concept 4 volgens morfologisch schema

Werking

In dit concept worden alle letters van het alfabet uit een schijf gesneden. In deze schijf blijven dan de negatieve vormen van de letters over. Door een lamp achter een letter te zetten, schijnt hier licht doorheen, wat geprojecteerd kan worden. Door de schrijf te draaien komt er steeds een andere letter voor de lamp. Zo wordt er steeds een andere letter geprojecteerd. Deze schrijf kan er uit komen te zien als in *Figuur 3.1.29*. In *Figuur 3.1.30* zijn drie schijven naast elkaar geplaatst. Zo kunnen er drie letters worden geprojecteerd. Elke schijf wordt door een eigen tandwiel en een eigen motor aangedreven. De schijven kunnen dus onafhankelijk van elkaar draaien. Dit is te zien in *Figuur 3.1.31*. In *Figuur 3.1.32* zijn de lenzen voor de letters geplaatst.

Fig 3.1.29 Schijf met letters

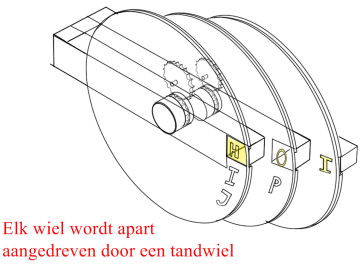


Fig 3.1.30 Carrousels met tandwielen

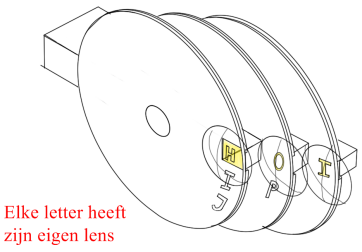


Fig 3.1.31 Carrousels met lenzen

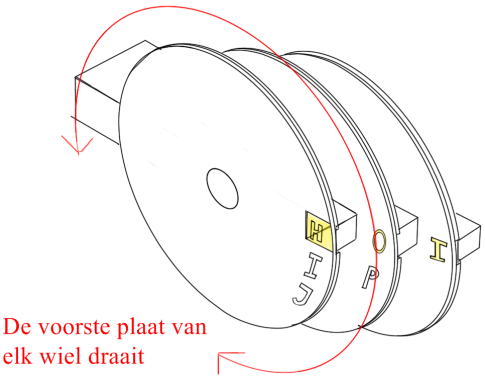


Fig 3.1.32 Opbouw concept 4

Opbouw

Elk carrousel heeft een diameter van 300 mm. Dit betekend dat de schijf verdeeld wordt in vlakjes van (300*π)/27 = 35 mm. De letters kunnen dan 30 mm hoog worden. Doordat er zoveel schijven naast elkaar geplaatst moeten worden, zal de breedte minimaal 40*45 = 1800 mm worden. (De breedte van de letters is 40 mm. En er moeten minimaal 45 tekens geprojecteerd kunnen worden.)

Componenten

Carrousels

Dit zijn de ronde schijven waar alle letters van het alfabet uitgesneden zijn. Deze carrousels zullen ongeveer €2 per stuk kosten.

Stappenmotors

Er zou voor elk carrousel één motor nodig zijn. Dit moet een klein motortje zijn, die met stappen van maximaal 13° kan draaien. (Dit is nodig, omdat het carrousel alle letters moet kunnen projecteren en 360/(26+1) = 13.) Een motor als dit kost ongeveer €9. (Op Conrad.nl kost een motor €26.62)
(Servomotor, sd)

Fig 3.1.33 Testopstelling

Leds

De leds moeten helder genoeg zijn, zodat de letters geprojecteerd kunnen worden in een lichte ruimte. De leds in dit concept hoeven niet zo helder te zijn als de leds in het vorige concept, omdat er veel meer leds worden gebruikt. De leds zullen ongeveer €0.50 per stuk kosten.

Fig 3.1.34 Resultaat bij grote afstand

Lens

Voor elke letter moet een lens zitten, om de letter te projecteren. Deze lenzen zullen ongeveer €2 per stuk kosten.

Elektronica

Er zijn een aantal elektronica componenten nodig om de leds en de stappenmotors aan te sturen en ook voor de stroomtoevoer. Dit zal ongeveer €20 kosten.

Fig 3.1.35 Resultaat bij kleine afstand

Testen

Dit concept is getest met een paneel waar een letter uitgesneden is. Voor deze letter is een lens geplaatst. Met een lampje wordt er op de letter geschenen. Deze testopstelling is te zien in *Figuur 3.1.33*.
De letters kunnen goed worden geprojecteerd. De projectie is te zien in Figuur *3.1.34* en *3.1.35*. In *Figuur 3.1.34* is de projectie goed te zien, maar de afstand tussen de lichtbron en de letter is groot.
In *Figuur 3.1.35* is de projectie minder goed te zien en de afstand tussen het lampje en de letter is kleiner.
Uit deze tests is dus gebleken dat het idee van een carrousel niet goed haalbaar is, omdat er een afstand van ongeveer 50 mm tussen het paneel met de letter en de lichtbron moet zitten. Hier wordt het beeld helderder van. Bij het bedenken van dit concept is hier geen rekening mee gehouden. Als de afstand tussen de led en de letter zo groot moet zijn, wordt de projector nog veel groter. Wat het concept minder realistisch maakt.

Voor- en nadelen

- Dit concept kan aanpasbare tekst projecteren op de muur.
- De tekst kan niet rondom geprojecteerd worden.
- Een nadeel van dit concept is dat er voor elke letter een apart carrousel, stappenmotor en ledje nodig is, hierdoor wordt het mechanisme erg gecompliceerd en dus niet haalbaar.
- De prijs van het product komt op ongeveer €625 ((45*€2) + (45*€9) + (45*€0.50) + (45*€2) + €20)
- Een voordeel is dat het mechanisme zichtbaar kan blijven en zo een kunstwerk op zichzelf kan worden. Dit is ook meteen een nadeel, omdat de aandacht dan naar de projector gaat en niet naar de geprojecteerde tekst.
- Het concept is wel vernieuwend.

Concept 5

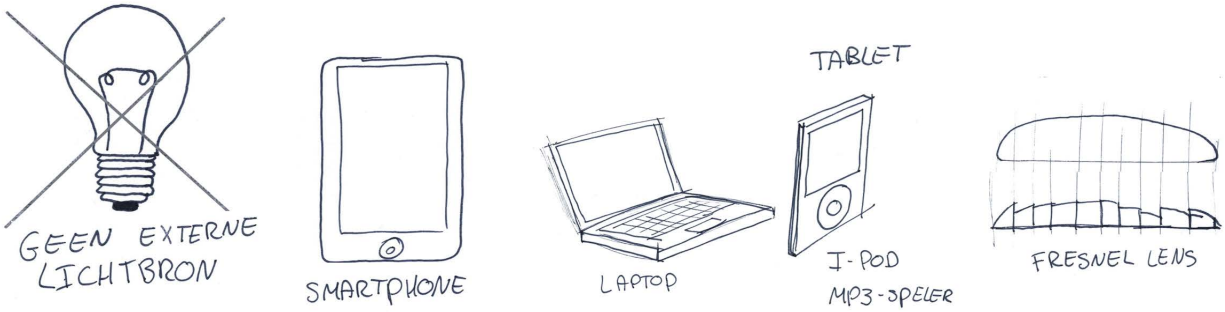


Fig 3.1.36 Concept 5 volgens morfologisch schema

Werking

Dit concept bestaat uit een display van een bestaand apparaat, zoals een smartphone, tablet, mp3-speler of laptop. Voor dit display wordt een lens geplaatst, zodat het beeld wordt geprojecteerd.
Dit concept werkt niet met een externe lichtbron, maar met de lichtbron van het display zelf. Dit is een erg eenvoudig, maar wel effectief idee. De werking van dit concept is te zien in Figuur 3.1.38.

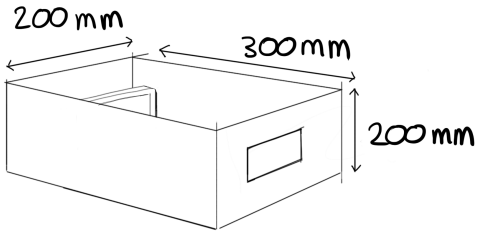


Fig 3.1.37 Afmetingen concept 5

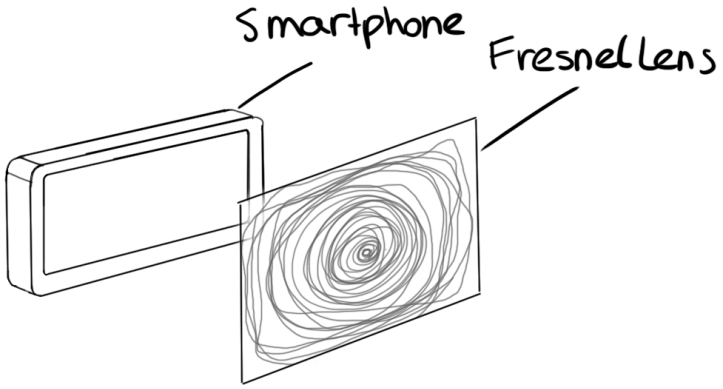


Fig 3.1.38 Werking concept 5

Opbouw

De projector is ongeveer 300 mm diep, 200 mm breed en 200 mm hoog (*Figuur 3.1.37*). Als deze projector rondom moet projecteren, zijn er vier dezelfde componenten nodig. De projector zou dan 600 mm diep, 600 mm breed en 200 mm hoog worden.

Componenten

Display

Er kunnen allerlei displays worden gebruikt voor dit concept.
Het moet wel een display zijn die een eigen lichtbron heeft. Een goedkope mp3-speler met display kost €23.99.
Een display als dit zou gebruikt kunnen worden.
(Difrnce Mp4-speler, sd)

Lenzen
De afmetingen van de fresnellens hoeven maximaal 100*100 mm te zijn, omdat het display ook niet groot is. Een lens van deze afmetingen kost ongeveer €0.50
(Fresnel lens, sd)

Elektronica
Er zijn een aantal elektronica componenten nodig om de display aan te sturen en ook voor de stroomtoevoer. Dit zal ongeveer €10 kosten.

Testen

Dit idee is getest met een smartphone en met een laptop. Ook is er geexperimenteerd met het verschil tussen een fresnellens en een gewone loep.
In Figuur 3.1.39, 3.1.40 en 3.1.42 zijn verschillende opstellingen met verschillenden lenzen en displays te zien. De opstellingen met de fresnellenzen gaven het beste resultaat, omdat de ronde lens van de loep voor een vervorming in het beeld zorgt. Uit alle testen bleek dat de helderheid van het scherm niet hoog genoeg was om bij daglicht te kunnen projecteren. De resultaten van Figuur 3.1.41 en 3.1.43 zijn gefotografeerd in een gedeeltelijk verduisterde ruimte. Dit beeld is wel duidelijk te zien.

Fig 3.1.39 Test met smartphone en loep

Fig 3.1.40 Test met laptop en fresnellens

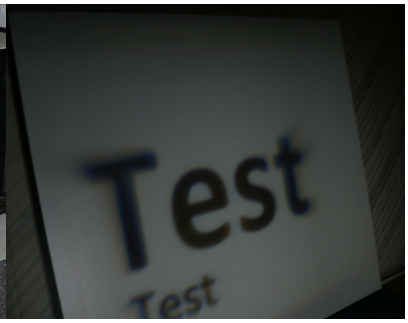


Fig 3.1.41 Resultaat test met laptop

Fig 3.1.42 Test met smartphone en fresnellens

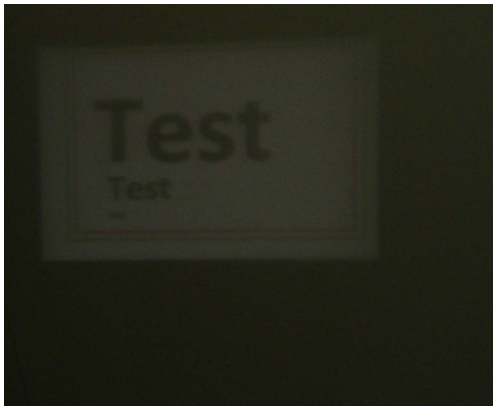


Fig 3.1.43 Resultaat test met smartphone

Voor- en nadelen

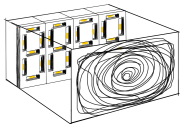
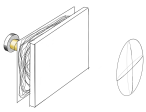
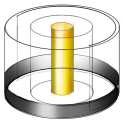
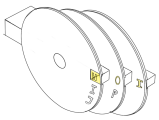
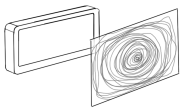
- Dit concept kan tekst schrijvend projecteren op de muur. Omdat er een display gebruikt wordt, kan hier een 'filmpje' op worden afgespeeld met schrijvende letters.
- Er kunnen met een display geavanceerde letters en teksten worden geprojecteerd.
- Een nadeel van dit idee is dat de helderheid van deze schermen meestal niet zo hoog is. Deze moet hoog genoeg zijn, want anders zijn de geprojecteerde letters niet zichtbaar. Maar de helderheid van een scherm is gebonden aan grenzen. Dit kan niet zo gemakkelijk aangepast worden.
- Een ander nadeel is dat het geen vernieuwend idee is.
- De prijs van deze projector komt op ongeveer € 35. (€24 + €1 + €10)

3.2 CONCEPTKEUZE

In het afgelopen hoofdstuk zijn vijf concepten gepresenteerd. Één van deze concepten moet uitgekozen worden om verder uit te werken. Deze keuze zal worden gebaseerd op het programma van eisen.

Het programma van eisen staat in *Tabel 3.2.1* op de horizontale lijnen. De weging van elke eis staat tussen haakjes achter de eis. De verschillende concepten staan op de verticale lijnen. Elke concept heeft voor elke eis een score gekregen. Een score van 5 betekent dat het concept goed voldoet aan deze eis. Een score van 1 betekent dat het concept niet voldoet aan de eis. Deze scores zijn vermenigvuldigd met de wegingsfactor. Al deze scores zijn bij elkaar opgeteld om zo de totale score per concept te krijgen.

Verder zal de mening van de opdrachtgever meegenomen worden in de keuze. Daarnaast zal er nog worden gekeken naar het resultaat van de tests.

	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5
					
	Paneel met led	Lcd met led	Fresnel + sheet	Carrousel	Display
Eis (weging)	**Functionele eisen**				
Tekst projecteren (3)	15	15	15	15	15
Schrijvende tekst (3)	3	15	3	3	15
Rondom projecteren (2)	6	6	10	2	6
Techiek op de achtergrond (3)	6	10	8	2	10
Aanpasbare tekst (3)	12	15	3	12	15
Toepassing vernieuwend (2)	10	10	10	10	10
Ongeveer 45 tekens op een regel (2)	6	10	10	6	10
Tekst 3,5 m breed en 13 cm hoog (2)	10	10	6	10	10
	Technische eisen				
Lichtsterkte 2500-2700 lm (3)	15	15	15	15	6
Geen schaduw vorming (2)	10	10	4	10	10
Maximaal €289 (2)	10	10	10	2	10
Energieverbruik 129 kWh (2)	2	10	8	10	10
Verstelbare lens (3)	15	15	15	15	15
Voorkeur van de opdrachtgever (3)	12	15	6	3	9
Resultaat van de test (3)	12	12	3	9	15
	129	163	111	109	151

Tab. 3.2.1 Conceptkeuze

Toelichting bij scores

Er moet een product ontworpen worden dat tekst projecteert op de muur. (3)
Alle concepten kunnen tekst projecteren.

De tekst moet schrijvend ontstaan. (3)
Concept 1 en concept 5 kunnen schrijvend tekst projecteren, omdat ze met een display/lcd werken. De resolutie van de displays is hoger dan die van de andere concepten. De letters bestaan dus uit meer pixels en dus kunnen die pixels één voor één geprojecteerd worden.

De tekst moet verschijnen op de muren rondom. (2)
Concept 3 is bedacht om rondom te kunnen projecteren. Het resultaat van deze methode is echter niet goed. Het rondom projecteren lukte wel, maar de projectie werd niet scherp. Op deze manier is rondom projecteren dus niet mogelijk. Met de concepten 1, 2 en 5 zou eventueel rondom geprojecteerd kunnen worden als er meerdere projectors gebruikt worden. Voor concept 4 is dit niet mogelijk, omdat dit te groot en te ingewikkeld zou worden.

Bij het product gaat om de ervaring van de gebruiker, die hij krijgt door de geprojecteerde tekst op de muur. (3)
Het is belangrijk dat de aandacht wordt gericht op de tekst en niet op de projector zelf. Daarom moet de projector niet zo opvallend zijn. Dit heeft ook te maken met de afmetingen van de projector. Als de projector erg groot is, zal deze sneller opvallen. Concept 4 is een erg grote projector, deze zal dus opvallend zijn. Concept 2 en concept 5 zijn veel kleiner en kunnen dus veel beter naar de achtergrond verdwijnen. Concept 1 werkt met een segment display, wat de letters een opvallende vorm geeft. Zo wordt de aandacht ook getrokken naar de techniek en afgeleid van de tekst.

De tekst moet door de gebruiker aangepast kunnen worden. (3)
Alleen de tekst van concept 3 is niet aanpasbaar. De tekst van concepten 2 en 5 kan sterk variëren in lettertype, grootte en vorm. De teksten van concepten 1 en 4 kunnen veranderd worden. Het lettertype staat echter wel vast.

De toepassing van het product moet vernieuwend zijn. (2)
Een eis van de opdrachtgever is dat de toepassing vernieuwend is. Dit is in alle gevallen zo, omdat de toepassing overal hetzelfde is. En al deze technische oplossingen zijn nog niet voor deze toepassingen gebruikt

Er moeten ongeveer 45 tekens op een regel kunnen staan. (2)
Alle projectors kunnen 45 tekens op een regel weergeven. Voor concept 2, 3 en 5 is dit geen probleem. Voor concept 1 en 4 betekent dit dat de projector erg groot en ingewikkeld moet worden, omdat er zoveel tekens op een rij moeten staan.

De geprojecteerde tekst moet minimaal 3,5 meter breed kunnen zijn en minimaal 13 centimeter hoog kunnen zijn. (2)
De tekst kan bij alle concepten zo groot gemaakt worden als gewenst is. Dit kan door de lenzen en de afstanden tussen het beeld en de lenzen aan te passen.

De lichtstroom van de projector moet minimaal 2500 tot 2700 lumen zijn om te kunnen projecteren in een ruimte met daglicht.(3)
De lichtsterkte van de projector moet hoog genoeg zijn, zodat de tekst ook in een lichte ruimte te lezen is. Voor de concepten 1 tot 4 betekent dit dat er een lichtbron met een lichtsterkte van 2500 tot 2700 lumen gebruikt moet worden. Voor concept 5 is dit niet mogelijk, omdat er gebruik wordt gemaakt van het bestaande backlight. De lichtsterkte van deze backlight is meestal niet hoog genoeg.

De kans op schaduwvorming moet beperkt worden.(2)
Bij alle concepten is schaduw vorming mogelijk. Maar bij de concepten 1, 2, 4 en 5 is dit gemakkelijk op te lossen door de projector te veranderen in een short throw projector. Dit kan door een spiegel toe te voegen. Bij concept 3 is dit niet mogelijk, omdat de projector rondom projecteert.

De projector mag ongeveer €289 kosten. (2)
De kosten van alle concepten zijn geschat op basis van het aantal benodigde componenten en de soort componenten.
Concept 1: €108
Concept 2: €38
Concept 3: €50
Concept 4: €625
Concept 5: €35

Het energieverbruik van de lamp moet minder dan 129 kWh per jaar zijn bij 10 branduren per dag. (2)
Concept 1 gebruikt ongeveer 585 leds die elk een vermogen hebben van 0,1 Watt. Dit resulteert in een verbruik van 214 kWh.
Concept 2 werkt met een hogehelderheidsled van ongeveer 30 Watt. Dit betekent een verbruik van 110 kWh.
Concept 3 gebruikt een lamp van ongeveer 35 Watt. Dit zorgt voor een verbruik van 128 kWh.
Concept 4 gebruikt 45 leds van elk 0,25 Watt. Dit zorgt voor een verbruik van 41 kWh.
Concept 5 maakt gebruik van de backlight van een bestaan apparaat. Dit verbruik zal verwaarloosbaar klein zijn.

De lens moet verstelbaar zijn, zodat de tekst scherp te stellen is. (3)
Bij alle concepten kan de lens worden versteld om zo het beeld scherp te stellen.

Resultaat van de test
Alle concepten zijn op verschillende manieren getest. Bij dit punt zal er vooral worden gekeken of uit de test bleek dat het concept technisch mogelijk is.
Bij concept 1 bleek uit de test dat het idee goed mogelijk is. Als de leds helder genoeg zijn, kan er op deze manier tekst worden geprojecteerd.
Concept 2 is ook goed mogelijk. Deze techniek wordt al gebruikt in projectors, dus deze kan goed gebruikt worden.
Concept 3 is niet mogelijk, bleek uit de test.
Na de test bleek dat ook concept 4 lastig uit de voeren is, vanwege de benodigde afstand tussen de lettervorm en de lichtbron.
Concept 5 kon goed getest worden, omdat het een eenvoudig idee is. Maar hieruit bleek wel dat het concept niet goed kan werken, omdat de helderheid van een display meestal te laag is.

Wat vindt de opdrachtgever
De opdrachtgever heeft een voorkeur voor concept 2. Omdat deze goed uit te voeren is binnen de opdracht en ook haalbaar is om te produceren in een later stadium.

Conclusie

Aan de hand van *Tabel 3.2.1* kan worden geconcludeerd dat concept 2 het beste aansluit bij het programma van eisen. Het enige punt waar dit concept niet goed op scoort is vernieuwend zijn. Het idee van een projector met behulp van een lcd is niet nieuw. Maar, in overleg met de opdrachtgever is besloten om toch verder te gaan met dit concept, omdat de toepassing waarvoor deze projector gebruikt kan worden wel nieuw is.

4 DETAILLERINGSFASE

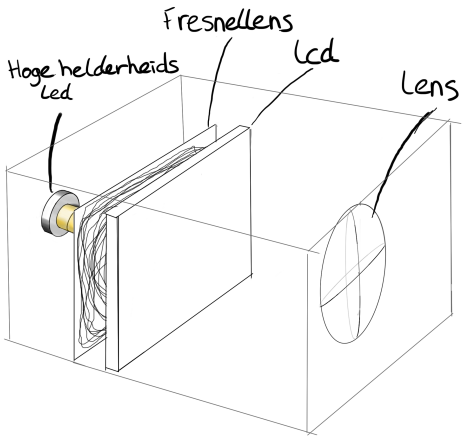


Fig 4.1 Werking van de projector

Het gekozen concept moet verder uitgewerkt worden. In de detailleringsfase is er eerst onderzoek gedaan naar het gebruik van de projector en de verschillende onderdelen die hier bij horen.
Daarna is de techniek verder uitgewerkt. Hierbij is er onderzocht welke onderdelen er precies nodig zijn voor de tekstprojector.
Hierna is er gekeken naar de vormgeving van de projector.
Uiteindelijk is er een prototype gebouwd om de technische aspecten van de projector te testen.

Het productidee

Het idee voor de projector werkt met een hogehelderheidsled. Het licht van deze led gaat door een fresnellens, die er voor zorgt dat het licht gelijkmatig verdeeld en gefocust wordt op de lcd. Op deze lcd is de tekst te zien. De letters op de lcd zijn transparant en de omgeving is zwart, zodat alleen daar waar de letters zijn, het licht doorgelaten wordt. Dit licht wordt door een lens voor in de projector gefocust en geprojecteerd op een muur.

4.1 GEBRUIK

Bediening

Wat moet de gebruiker kunnen instellen?

De gebruiker moet een aantal dingen kunnen instellen op de projector. Vanzelfsprekend moet de tekst aangepast kunnen worden. Maar ook het lettertype en de lettergrootte van de tekst moet kunnen worden aangepast aan de omstandigheden. Zo kan het lettertype van de geprojecteerde tekst bijvoorbeeld aansluiten bij de stijl van het bedrijf. De gebruiker wil ook een aantal teksten kunnen programmeren, die op bepaalde tijdstippen worden getoond. Dit zou kunnen met behulp van een soort agenda, waarin op elk tijdstip van de dag en de week een andere tekst ingevoerd kan worden.

- Tekst moet aangepast kunnen worden.
- Lettertype moet aangepast kunnen worden.
- Lettergrootte moet aangepast kunnen worden
- Tekst moet programmeerbaar zijn.

Hoe kan de gebruiker dit instellen?

Om de projector te kunnen bedienen kan de gebruiker een programma op een laptop of computer, maar ook op een tablet of smartphone, gebruiken. Ook zou de projector bediend kunnen worden vanaf een aparte afstandsbediening of een interface.

Het programma op een laptop zou software of een applicatie kunnen zijn, of een website. Het voordeel van een website is dat de projector te bedienen is vanaf elk apparaat met een internetverbinding. Een nadeel hier van is dat de gebruiker helemaal naar deze website moet en dan moet inloggen om de tekst aan te kunnen passen. Als de projector via een applicatie te bedienen is, moet deze eerst op een apparaat geïnstalleerd worden, voordat er gebruik kan worden gemaakt van de projector. Maar als deze applicatie eenmaal geïnstalleerd is, is het gebruiksgemak veel hoger. Dit zelfde geldt ook voor een applicatie op een smartphone of tablet.

Bediening vanaf een afstandsbediening of een interface heeft als nadelen dat er een extra apparaat nodig is om de projector te bedienen en dat de gebruiker in de buurt van de projector moet zijn om hem te kunnen bedienen.

Vanwege het hoge gebruiksgemak, lijkt een applicatie die geïnstalleerd kan worden op elk soort apparaat de beste optie.

Communicatie projector met bedienend apparaat

De apparaten zoals een smartphone of laptop moeten met de projector kunnen communiceren om de tekst aan te passen. Er zijn een aantal oplossingen waarmee dit mogelijk is:

- De projector heeft een wifi ontvanger/verzender.

In de projector zit een wifi module. Hiermee kan de projector een draadloze verbinding maken met een router. Hierdoor heeft de projector dus een internetverbinding. De gebruiker kan via deze verbinding de projector bedienen. Een voordeel hiervan is dat de projector vanaf alle apparaten met een internetverbinding te bedienen is.

- De projector is via een netwerkkabel verbonden aan een server.

De projector kan ook via een netwerkkabel verbonden zijn aan het netwerk van het bedrijf of andere locatie waar de projector is. Iets grotere bedrijven beschikken over een server die altijd aan staat. Deze server zal verbonden zijn aan het internet, waardoor de projector vanaf overal te bedienen is.

- De projector is via een netwerkkabel verbonden aan een computer.

Als er geen server of netwerk aanwezig is, zou de projector ook met een netwerkkabel verbonden kunnen zijn met één computer. De projector kan dan alleen vanaf deze computer bediend worden. Als deze computer verbinding heeft met internet, kan de projector vanaf overal, via internet bediend worden. De computer moet wel aan staan als de projector ook aan staat, anders kan de tekst van de projector niet aangepast worden.

Al deze opties voldoen aan de gestelde eis dat de projector vanaf een afstand te bedienen moet zijn. Maar de eerste optie lijkt de beste, omdat deze het meest eenvoudig is. De projector heeft geen kabel nodig en is vanaf elk apparaat met wifi verbinding te bedienen.

Componenten voor bediening

De projector gaat dus bediend worden met behulp van een wifi signaal. Hiervoor zijn een aantal componenten nodig. Hierbij moet er gedacht worden aan een component die zorgt voor het wifi signaal, maar ook aan software of een applicatie om de projector te kunnen bedienen.

Wifi signaal

Er zijn verschillende componenten die er voor kunnen zorgen dat de projector wifi signalen kan uitzenden en ontvangen. Een router zendt radio golven uit. Deze radio golven bevatten de informatie die verstuurd wordt. Een WLAN kaart kan het signaal van een router opvangen. De WLAN kaart zet deze radio golven om in een binaire code, die de computer kan begrijpen. Deze WLAN kaart kan ook de binaire code van de computer omzetten in radio golven en dit naar de router sturen.

Een Wifi dongle doet hetzelfde, alleen is hierbij de ontvanger ingebouwd in een USB-stick die met een laptop of computer verbonden kan worden, waardoor deze een wifi verbinding kan maken.
(Horton, 2008)

Een WLAN kaart kan het beste in de projector gebruikt worden, omdat deze geïntegreerd kan worden met de rest van de elektronica. Een Wifi dongle heeft dezelfde functionaliteit, alleen moet deze via een USB-poort worden verbonden met de projector.

4.2 TECHNISCHE UITWERKING

De projector kan worden verdeeld in een aantal subgroepen, zoals ook gedaan is in de vorige hoofdstukken, de lichtbron, de beeldvorming en de lens. Deze subgroepen zullen in deze volgorde behandeld worden. Er zal eerst worden gekeken aan welke eisen van het programma van eisen deze subgroep moet voldoen. Daarna zal er worden gekeken welke componenten er nodig zijn om aan deze eisen te voldoen.

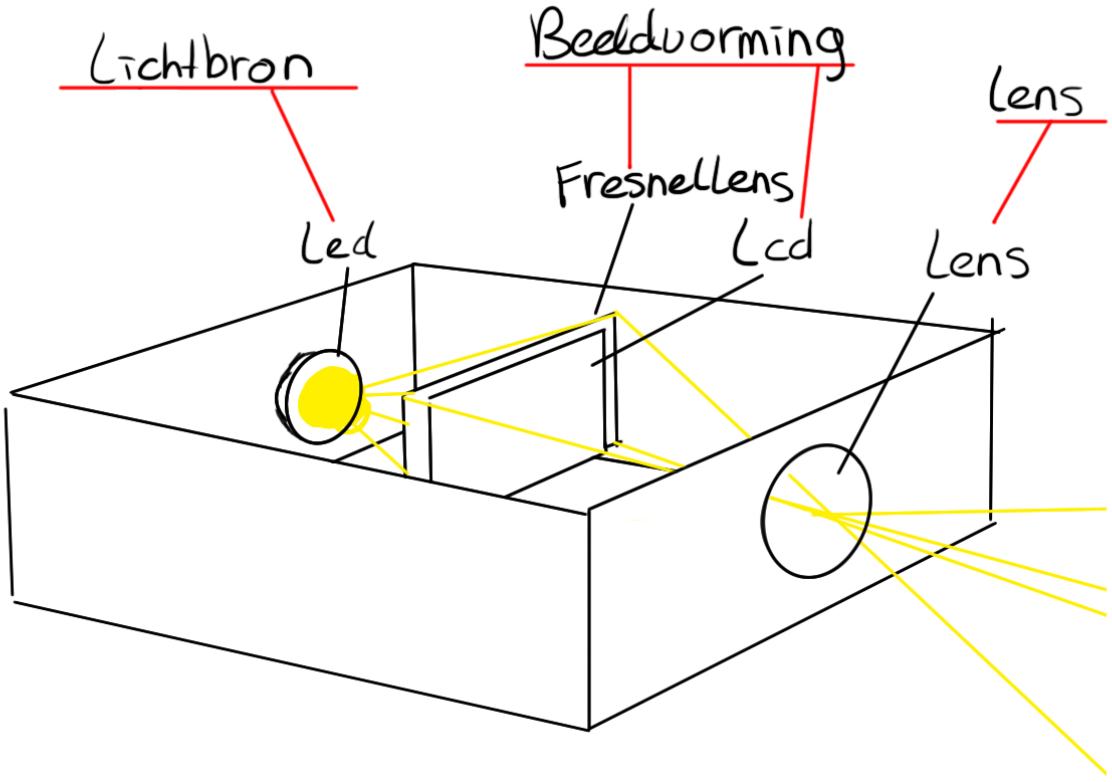


Fig 4.2.1 Projector met subgroepen en componenten

Lichtbron

De lichtbron is een hogehelderheidsled. Vanuit het programma van eisen zijn er een aantal eisen die betrekking hebben op deze lichtbron.

Eisen aan de led

- De lichtstroom van de projector moet minimaal 2500 tot 2700 lumen zijn om te kunnen projecteren in een ruimte met daglicht.
- Het energieverbruik van de lamp moet minder dan 129 kWh per jaar zijn bij 10 branduren per dag.

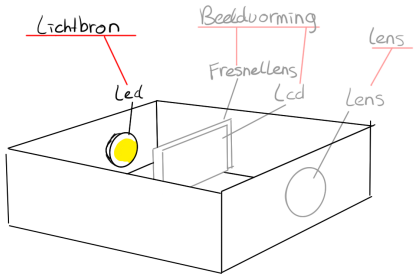


Fig 4.2.2 Hogehelderheidsled

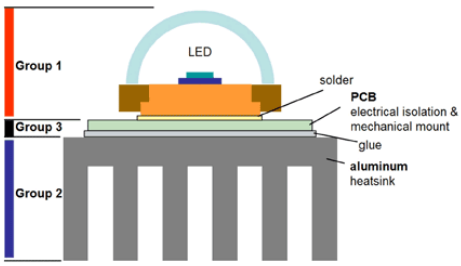


Fig 4.2.3 Koeling hogehelderheidsled

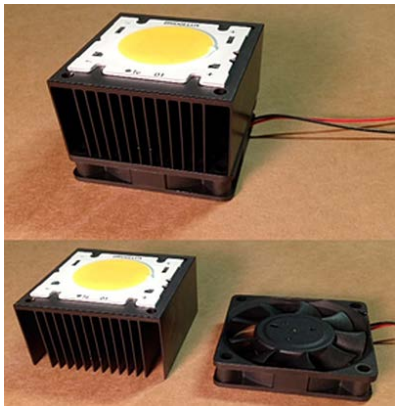


Fig 4.2.4 Led met koeling

Een hogehelderheidsled (*Figuur 4.2.2*) kan een lichtstroom hebben van 2700 tot 2900 lumen en een vermogen van 30 Watt. Met 10 branduren per dag komt dit op 110 kWh per jaar. Een led als dit kost ongeveer €10.
(High Power LED, sd)

Een hogehelderheidsled heeft een koelplaat nodig, omdat hij erg warm wordt. Zo'n koelplaat is een stuk metaal met koelvinnen, die zorgen dat het oppervlak waarover de warmte verdeeld wordt groter wordt. Doordat het oppervlak groter is, kan het materiaal sneller afkoelen. Een koelplaat wordt meestal van aluminium gemaakt, omdat aluminium een goede warmtegeleider is. Een led met een koelplaat is te zien in *Figuur 4.2.3.*
(Veitl, 2010)

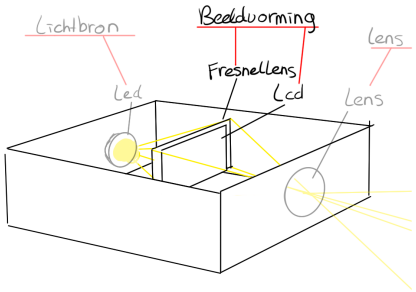
Het is ook een optie om de led actief te koelen met een ventilator. Op deze manier wordt de led nog beter gekoeld. Een hogehelderheidsled met een ventilator is te zien in *Figuur 4.2.4.*
(Rodriguez, 2013)

Er is een stroombron nodig om de led van energie te voorzien. Omdat de spanning over de led maximaal 30-35 volt mag zijn is er een omvormer nodig die de spanning van 230 volt wisselspanning, omzet naar 30 volt gelijkspanning.

In de projector zal een hogehelderheidsled met een lichtstroom van 2900 lumen gebruikt worden. Hiervoor zal actieve koeling met een ventilator gebruikt worden.

Beeldvorming

Voor de beeldvorming wordt een lcd gebruikt. Op deze lcd zal de tekst staan die geprojecteerd wordt. Door een fresnellens, wordt het licht van de led gelijkmatig verdeeld over de lcd. Vanuit het programma van eisen zijn er een aantal eisen die betrekking hebben op de beeldvorming.



Eisen aan de beeldvorming

- De geprojecteerde tekst moet minimaal 3,5 meter breed zijn en 15 centimeter hoog.
- De tekst moet schrijvend kunnen ontstaan.

Fresnellenzen

Er zullen twee fresnellenzen voor de lcd worden geplaatst, zodat het licht van de led gelijkmatig verdeeld wordt over de lcd. Deze fresnellenzen zullen in een ongesplitste opstelling staan, zoals toegelicht wordt in *Hoofdstuk 2.4.* De fresnellenzen moeten groter zijn dan de lcd, zodat de gehele lcd belicht wordt.

In *Figuur 4.2.5* is te zien welk effect de fresnellens heeft. Door de fresnellens wordt het licht van de led gefocust op de lcd en niet verspreid over een groter oppervlak dan alleen de lcd.

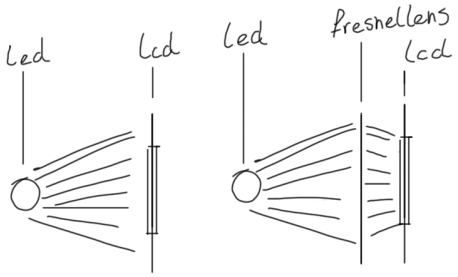


Fig 4.2.5 Resultaat fresnellens

Lcd

De lcd moet tekst tonen. Deze tekst moet schrijvend kunnen zijn. Dit betekent dat de tekst letter voor letter verschijnt, alsof ze geschreven worden. De reactietijd van de lcd moet dus hoog genoeg zijn om dit te kunnen. Ook moet de resolutie hoog genoeg zijn om verschillende lettertypen te kunnen projecteren. Een resolutie van 120 pixels per inch is genoeg. De lcd hoeft alleen maar zwart-wit beelden te tonen, omdat de tekst maar één kleur hoeft te zijn. De tekst op de lcd zou er uit kunnen zien zoals in *Figuur 4.2.6.* Het beeld wat dit zou projecteren op een muur is te zien in *Figuur 4.2.7.*

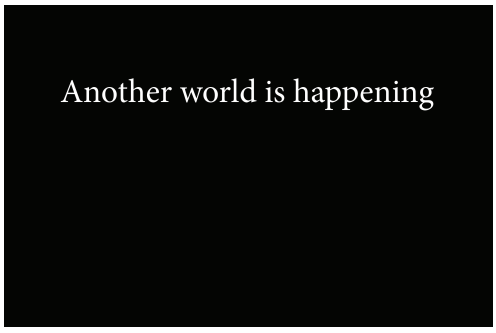


Fig 4.2.6 Beeld op lcd

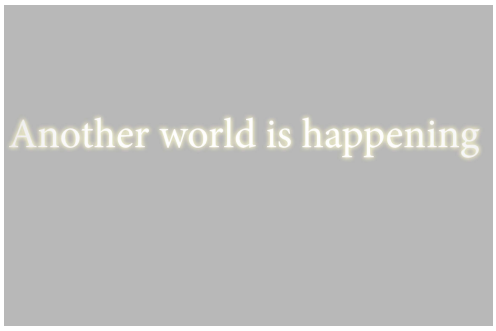
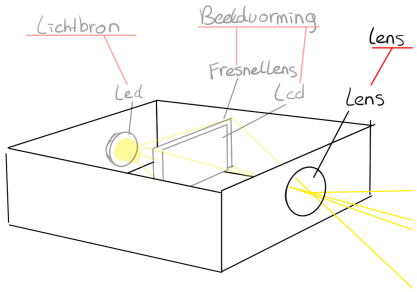


Fig 4.2.7 Beeld op muur

De lcd moet ongeveer 250 mm breed en 100 mm hoog worden. Als het uiteindelijke beeld 3,5 meter breed moet kunnen zijn, moet de vergroting van het beeld ongeveer 14 keer zijn.

Het is een wens dat de projector ook afbeeldingen en logo's kan projecteren. Dit zou gerealiseerd kunnen worden door het gebruik van een lcd met een hogere resolutie, zodat er meer details kunnen worden geprojecteerd, en eventueel een kleuren display.
(Duree, 2011)

Lens



De lens moet er voor zorgen dat het beeld van de lcd geprojecteerd wordt op een muur. Vanuit het programma van eisen zijn er een aantal eisen die betrekking hebben op de lens.

Eisen aan de lens

- De lens moet het beeld projecteren op de muur.
- De geprojecteerde tekst moet minimaal 3,5 meter breed zijn en 15 centimeter hoog.

Voorin de projector moet een lens komen. Deze lens zorgt ervoor dat het beeld geprojecteerd wordt. Om te beslissen welke lens er nodig is moeten er berekeningen worden gedaan. Het is bekend dat het beeld 3500 mm breed moet zijn. De lcd is 250 mm breed. De vergroting die hier voor nodig is is 14.

$$N = \frac{B}{V} = \frac{3500}{250} = 14.3$$

De afstand van de projector naar de lens kan ongeveer 1500 mm zijn. Met de vergrotingsfactor zorgt dit dat de afstand van de lcd naar de lens 105 mm moet zijn.

$$v = \frac{b}{N} = \frac{1500}{14.3} = 105$$

Met deze gegevens kan de brandpuntsafstand van de lens worden berekend.

$$f = \frac{1}{\frac{1}{v} + \frac{1}{b}} = \frac{1}{\frac{1}{105} + \frac{1}{1500}} = 98$$

De brandpuntsafstand van de lens moet ongeveer 98 mm zijn. Een lens met een brandpuntsafstand van 100 mm zou dus geschikt zijn voor deze projector. Dit is een gangbare brandpuntsafstand, dus deze lens zal gemakkelijk te verkrijgen zijn.

Alle waarden die in deze berekeningen gebruikt worden zijn te zien in *Tabel 4.2.1*

Brandpuntsafstand	100 mm
Voorwerpsafstand	107 mm
Beeldafstand	1500 mm
Vergroting	
Vergrotingsfactor	14
Voorwerpsbreedte	250 mm
Beeldbreedte	3600 mm
Voorwerpshoogte	150 mm
Beeldhoogte	2100 mm

Tab 4.2.1 Waarden lens

Short throw

Short throw betekent dat de projector vlak bij het projectievlak hangt, zodat de kans op schaduw vorming verkleind wordt.

Voor de projector zullen twee spiegels worden geplaatst, zodat het beeld op de muur geprojecteerd kan worden en de kans op schaduw vorming heel klein wordt. Dit is te zien in *Figuur 4.2.8 en 4.2.9.*

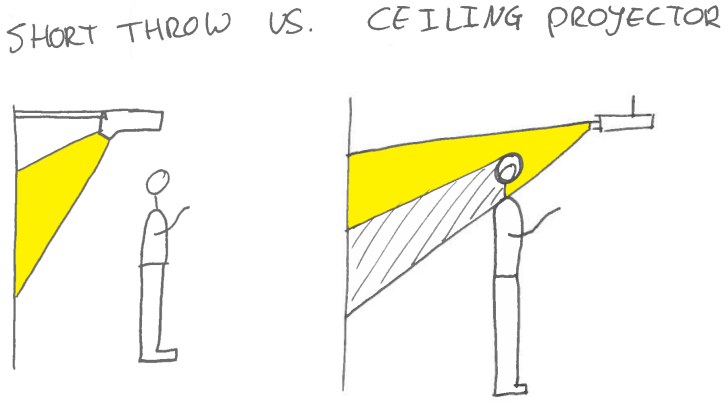


Fig 4.2.8 Short throw

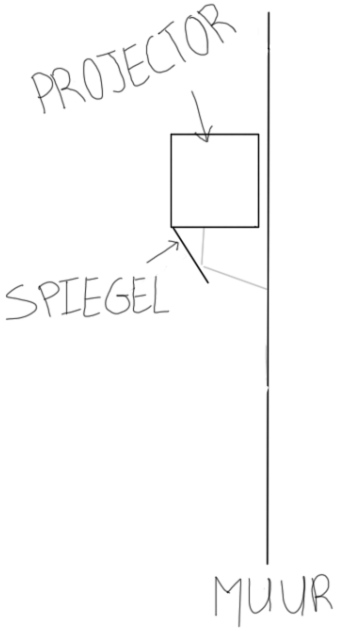


Fig 4.2.9 Projector met spiegel

Elektronica

Er zijn een aantal elektronische componenten die in de projector moeten komen om alle onderdelen te laten werken.

Stroomtoevoer

Als eerste is er de stroomtoevoer. De projector moet aangesloten zijn op het lichtnet. Zo zal de projector zijn elektrische spanning krijgen.

Er is een omvormer nodig om de spanning van het lichtnet om te zetten naar spanning die geschikt is voor alle componenten.

Aansturing

De lcd en ook de led moeten aangestuurd worden. De gebruiker kan de tekst aanpassen in de applicatie, maar deze informatie moet worden omgezet naar beeld op de lcd. Hiervoor is een IC (een geïntegreerde schakeling, die ook vaak 'chip' wordt genoemd) nodig. In *Figuur 4.2.10* is een chip te zien.
(Shamieh & McComb, 2010)

Fig 4.2.10 Chip

Wifi

Om een wifi signaal te kunnen verzenden en ontvangen is een WLAN kaart nodig.

Geheugen

Het kan voorkomen dat het wifi signaal uitvalt. In zo'n geval moet de projector nog steeds blijven functioneren. Daarom moet er een component in zitten die onthoudt wat de gebruiker heeft ingesteld. Dit kan een geheugen IC zijn. Dit geheugen bewaart de data ook als de spanning (tijdelijk) weg valt.
(Shamieh & McComb, 2010)
(Serial EEPROM geheugen, sd)

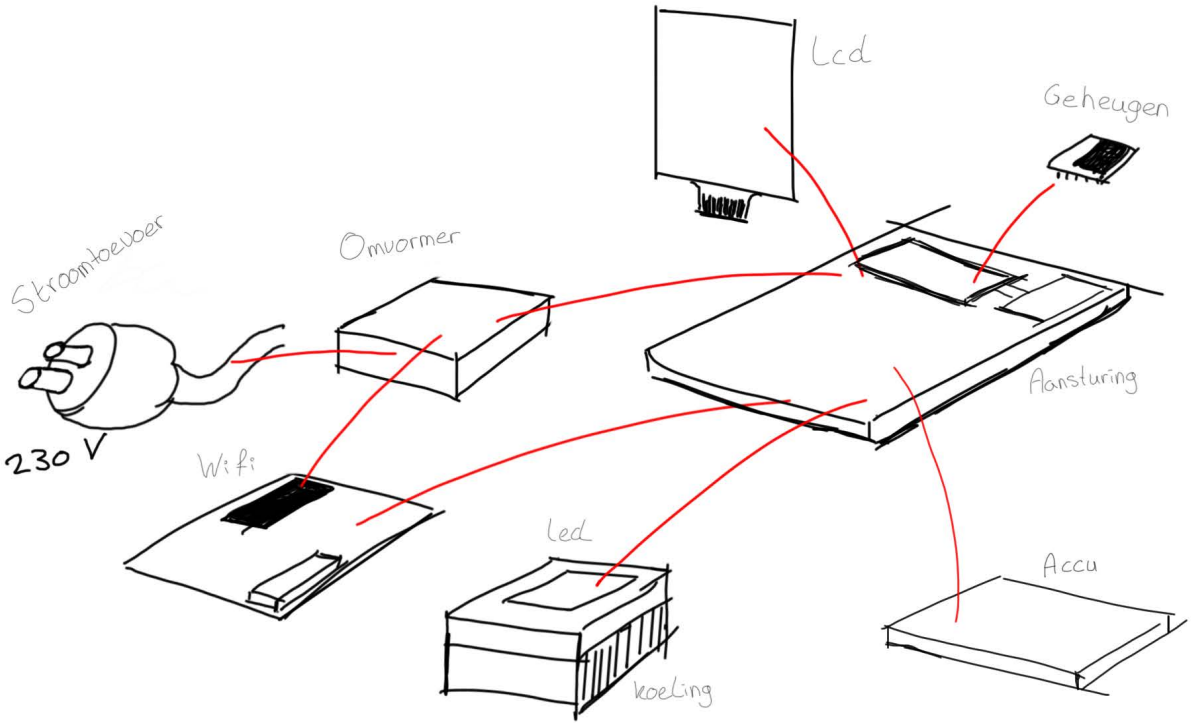


Fig 4.2.11 Componenten en connecties

Alle componenten met hun connecties zijn te zien in *Figuur 4.2.11.* Al deze componenten kunnen samengevoegd worden op één printplaat. Dit geheel is te zien in *Figuur 4.2.12.*

In *Bijlage 6* zijn de specificaties van alle onderdelen die in dit hoofdstuk genoemd worden in een overzicht geplaatst.

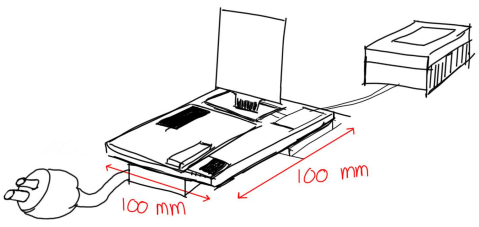


Fig 4.2.12 Elektronica op printplaat

Bevestiging onderdelen

Al deze onderdelen moeten worden verbonden aan elkaar en ook verticaal ten opzichte van elkaar kunnen bewegen om het beeld scherp te kunnen stellen. In de projector zal een aluminium profiel (*Figuur 4.2.13*) hier voor zorgen. Op dit profiel kunnen alle onderdelen geplaatst worden en ook verschoven worden. Een voorbeeld hiervan is te zien in *Figuur 4.2.14.* Dit is een optische bank die gebruikt wordt voor experimenten. Hierop kunnen ook alle onderdelen ten opzichte van elkaar schuiven.

Fig 4.2.13 Aluminium profielen

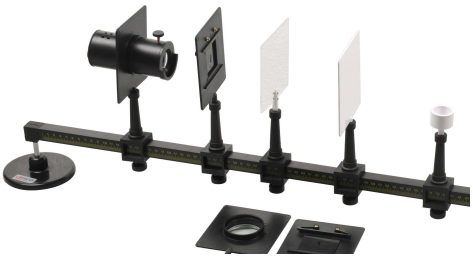


Fig 4.2.14 Optische bank

Alle onderdelen die in de hoofdstuk genoemd zijn, zijn te zien in *Figuur 4.2.15.* Hier is ook de plaatsing van de onderdelen ten opzichte van elkaar te zien.

De hoek van de spiegels kan aangepast worden, zodat de hoogte van de tekst op de muur instelbaar is. Er zijn twee spiegels in de projector geplaatst zodat het beeld op de muur achter de projector geprojecteerd wordt. Het voordeel hiervan is dat de projector dichter bij de muur kan hangen, door de afstand die het licht af moet leggen groter is.

De lcd en de lenzen kunnen worden verschoven, zodat het beeld scherp te stellen en het formaat van het beeld aan te passen is.

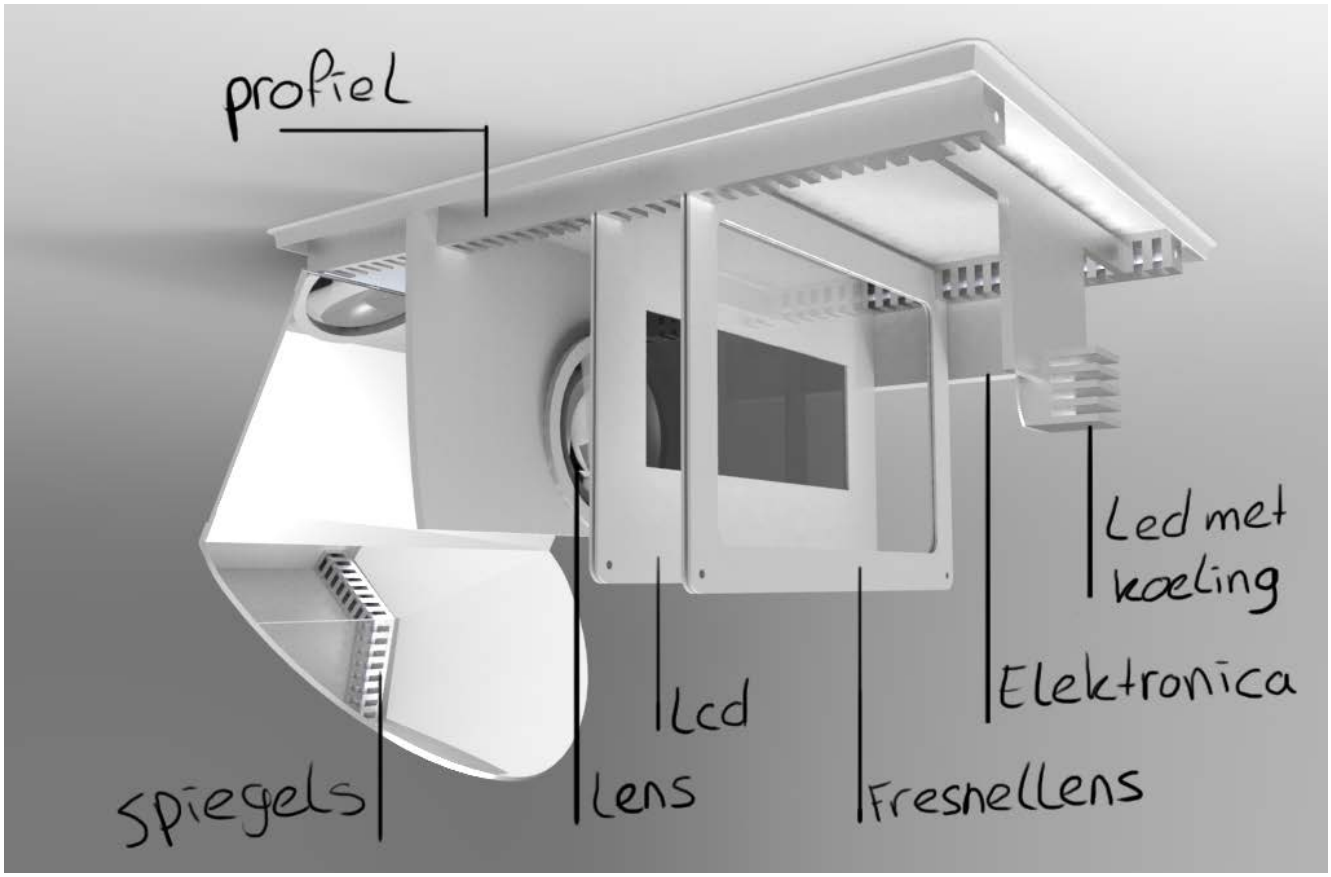


Fig 4.2.15 Samengevoegde onderdelen

4.3 CONFIGURATIE EN VORMGEVING

De technische werking van de projector is nu duidelijk. Het is een eis dat de projector rondom kan projecteren. Dus op alle muren in een ruimte. Dit is onder andere mogelijk door de configuratie van de projector aan te passen. Daarom is de configuratie van de projector onderzocht. Daarnaast is er gekeken naar de vormgeving van de projector, die samenhangt met de configuratie.

CONFIGURATIE

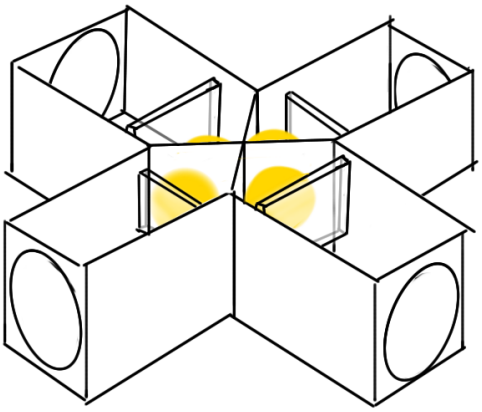


Fig 4.3.1 Projector die vier kanten op projecteert

4 IN 1

De eerste configuratie manier is dat de projector vier dezelfde mechanismen bevat, die elk een kant op projecteren. Zo kan er vier kanten op worden geprojecteerd met één projector. Dit principe is te zien in *Figuur 4.3.1.* Het voordeel van deze manier is dat er maar één apparaat nodig is en veel van de elektronica onderdelen ook maar één keer nodig is. Een nadeel van deze manier is dat de projector groot wordt en dus opvallend is en de kans op schaduwvorming niet verkleind kan worden.

LOSSE PROJECTORS

Een andere manier is dat er vier losse projectors zijn, die elk een kant op projecteren. Dit principe is te zien in *Figuur 4.3.2.* Een voordeel hiervan is dat de projectors kleiner zijn en dus minder opvallend. Bovendien hoeft de projector niet midden in de ruimte te hangen, wat er ook voor zorgt dat hij minder de aandacht trekt. Doordat de projector niet rondom projecteert, kan de gebruiker zelf bepalen hoeveel projectors hij aanschaft en op hoeveel muren er geprojecteerd kan worden. Een nadeel van deze manier is dat alle elektronica in elke projector moet zitten.

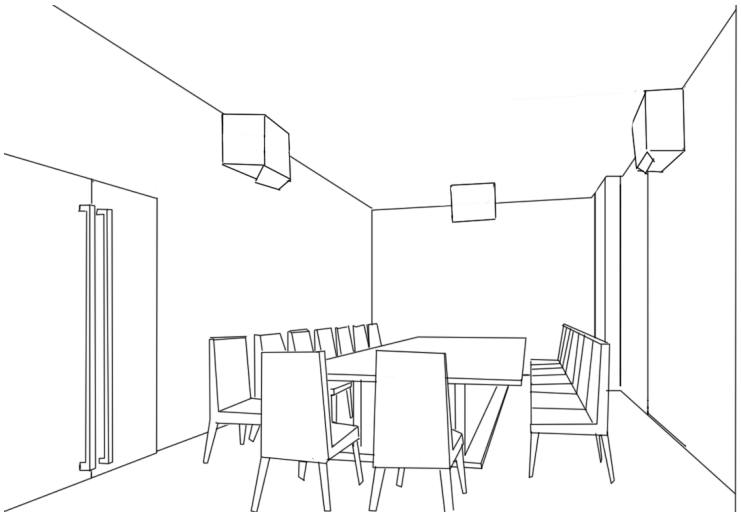


Fig 4.3.2 Losse projectors in een ruimte

Er is een keuze gemaakt tussen de twee verschillende manieren waarop de projector samengesteld kan worden. De manier met de losse projectors is beter, omdat de projectors in verschillende configuraties opgehangen kunnen worden en de gebruiker zelf kan bepalen hoeveel projectors er nodig zijn in zijn/haar ruimte.

Vormgeving

De vormgeving van het product moet zo zijn dat de projector niet de aandacht trekt in de ruimte. Het gaat niet om de projector zelf, maar om de tekst die hij projecteert. De volgende eisen kunnen aan de hand van het programma van eisen gesteld worden aan de vormgeving.

Eisen aan de vormgeving

- De vorm mag niet de aandacht trekken.
- De vorm moet passen bij het product.

Daarnaast moet de projector aan het plafond gehangen worden. De projector aan de muur hangen is niet mogelijk, omdat de tekst dan te laag op de muur komt. Bij een standaard hoogte van een plafond van 2,50 meter, zou de tekst dan halverwege op de muur komen. Dit komt omdat er een afstand van ongeveer 1,5 meter tussen de projector en het projectievlak moet zijn. Dit is bepaald in het hoofdstuk over de technische uitwerking.

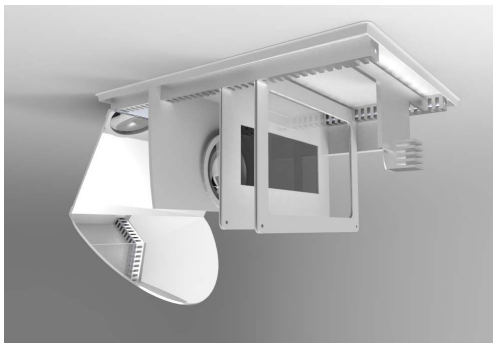


Fig 4.3.3 Plaatsing onderdelen in projector

Ideeën voor vormgeving

Er zijn schetsen (*Figuur 4.3.4 en 4.3.5)* gemaakt om te komen tot ideeën voor de vormgeving van de projector. Hierbij is rekening gehouden met de bovengenoemde eisen en met de plaatsing van de onderdelen in de projector zoals die te zien is in *Figuur 4.3.3.*

Fig 4.3.4 Schetsen voor projector met organische vorm

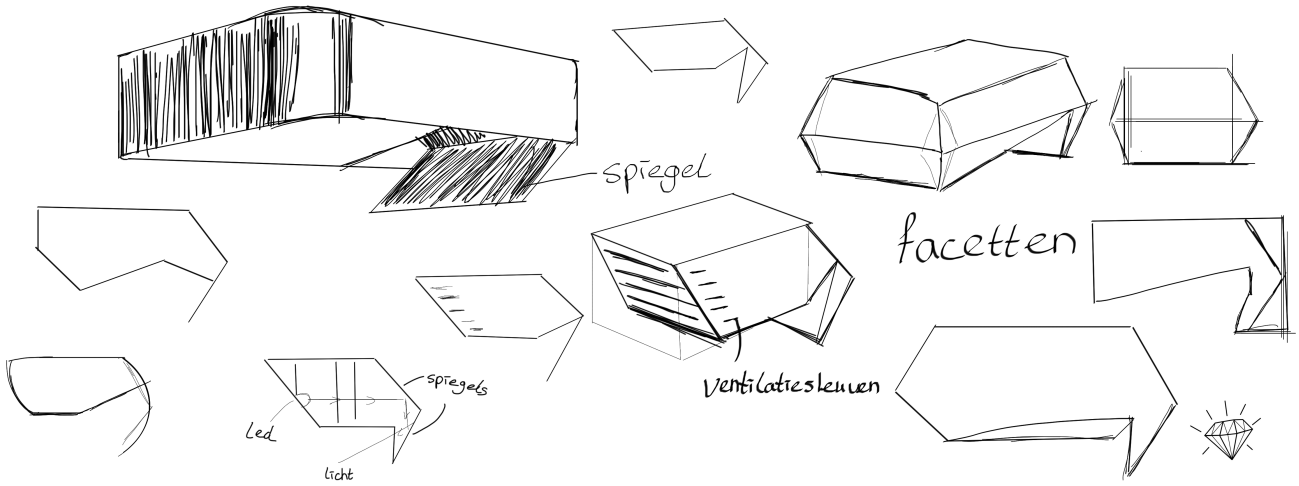


Fig 4.3.5 Schetsen voor projector met hoekige vorm

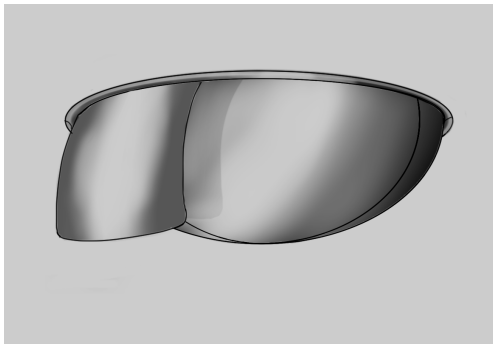


Fig 4.3.6 Bolvormige projector

Bol

De opdrachtgever had een idee voor een bolvormige projector. Dit is een mooie, neutrale vorm, die één wordt met de ruimte. Deze vorm is in *Figuur 4.3.6* te zien. Er zijn een aantal variaties gemaakt op de vorm van deze projector. De eerste variatie (*Figuur 4.3.7*) heeft een klep, waarin de spiegel zich bevindt. Deze klep kan ingeklapt worden, zodat de projector een volledig ronde halve bol wordt.

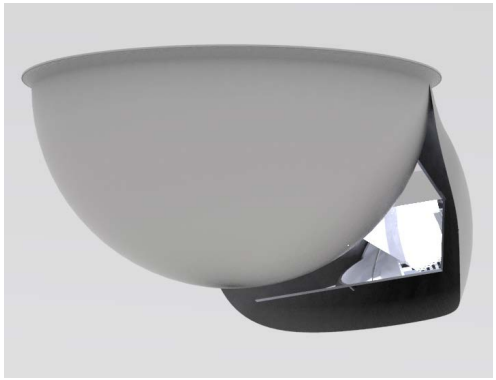


Fig 4.3.7 Bol met klep

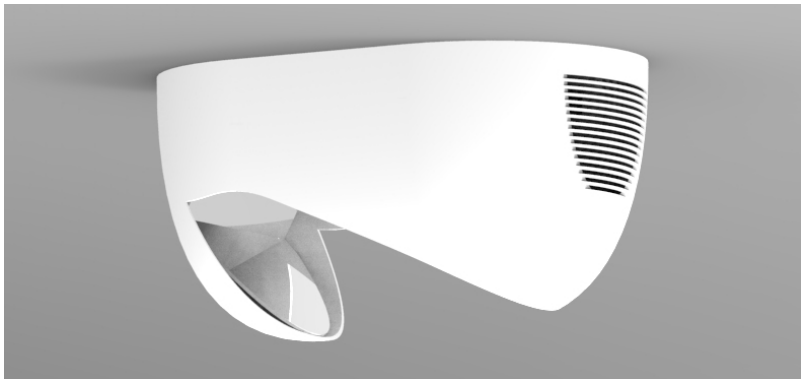


Fig 4.3.8 Ovaal vormige projector

De tweede variatie (*Figuur 4.3.8 en 4.3.9*) is een uitgerekte halve bol. Door de meer uitgerekte vorm, past de spiegel binnen in de behuizing, waardoor de projector meer één geheel wordt.

Meer afbeeldingen van deze drie variaties zijn te zien in *Bijlage 4.*

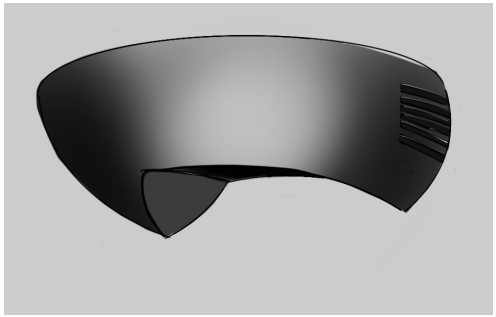


Fig 4.3.9 Tekening ovaal vormige projector

Hoekig

Een ander idee voor een vorm is de vorm die te zien is in *Figuur 4.3.10 en 4.3.11.* Deze vorm is meer vierkant, waardoor de ruimte binnen in de projector efficiënter gebruikt kan worden. Deze vorm komt ook zakelijker over, door de hoeken.

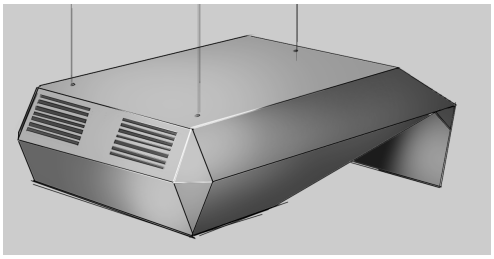


Fig 4.3.10 Hoekige projector

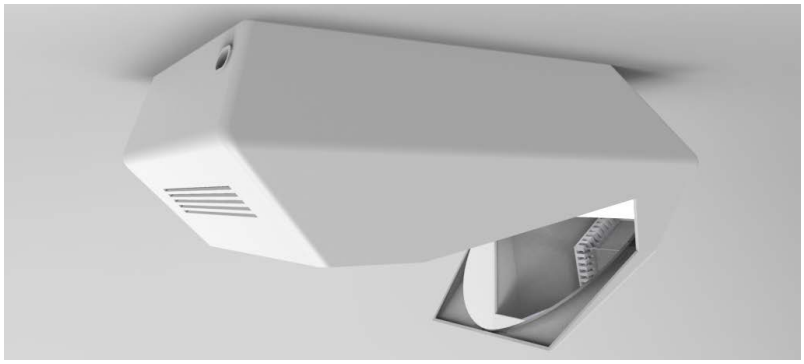


Fig 4.3.11 Hoekige projector

In *Figuur 4.3.12* zijn de afmetingen van deze vorm te zien. Vergeleken met de ronde vorm, is deze vorm veel compacter.

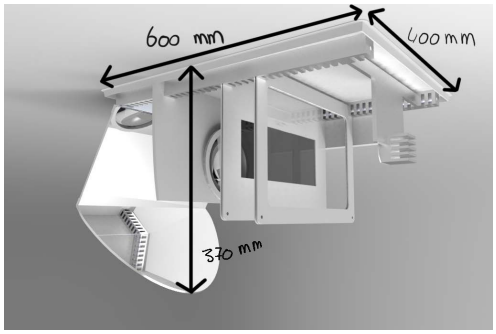


Fig 4.3.12 Afmetingen hoekige projector

In *Figuur 4.3.13* is dezelfde vorm te zien. Hier is de klep met de spiegel dicht geklapt, zodat de vorm nog compacter is. Op deze manier kan de projector afgesloten worden wanneer hij niet in gebruik is.

Fig 4.3.13 Dichtgeklapte projector

Keuze voor een vorm

Beide vormen zijn een mogelijkheid voor de vorm van de buitenkant van de projector. De voordelen van de hoekige projector zijn dat de binnenkant van de projector efficiënter kan worden gebruikt en de projector daardoor kleiner is. Bovendien is de vorm van deze projector minder opvallend, zodat hij minder de aandacht trekt.

De bolle projector heeft een opvallender vorm, die interessanter is om naar te kijken. Maar voor de projector is dit juist een nadeel, omdat de projector niet de aandacht mag trekken.

Daarom zou de hoekige vorm beter passen bij de projector. Maar de vom van de projector kan nu nog niet vastgelegd worden, omdat er nog gekeken moet worden naar de productie van de behuizing. Daarom is deze behuizing een aanbeveling voor een vorm.

Fig 4.3.14 Projector met projectie

4.4 KOSTPRIJS BEREKENING

Om in te kunnen schatten hoeveel de projector uiteindelijk gaat kosten voor de consument is een kostprijs berekening nodig.

De kostprijs is sterk afhankelijk van de van de seriegrootte. Deze is lastig te voorspellen, omdat het onbekend is hoeveel bedrijven interesse zouden kunnen hebben in de tekst projector. De eerste oplage zal daarom waarschijnlijk bestaan uit enkele projectors, om de werking te kunnen testen en te onderzoeken hoeveel interesse er is voor de projector. Daarom zal er van uit worden gegaan dat de eerste oplage maximaal vijf is.

De kostprijs van de projector kan geschat worden door een aantal verschillende kosten bij elkaar op te tellen. In *Figuur 4.4.1* is een schema te zien met de kostprijsopbouw van een product. *(Kals, Buiting-Csikós, van Lutterveld, Moulijn, Ponsen, & Streppel, 2009)*

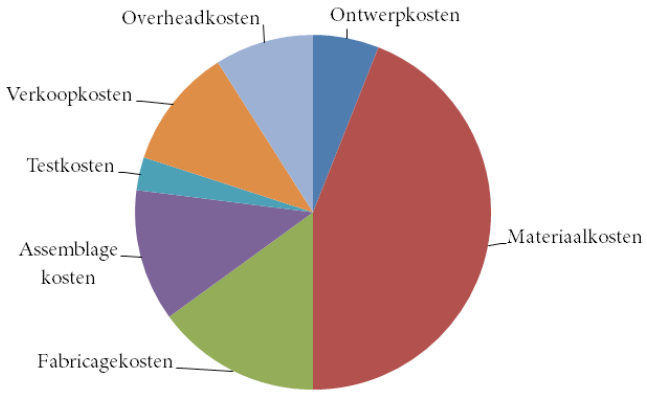


Fig 4.4.1 Kostprijsopbouw van een product

In dit schema is te zien dat de materiaalkosten de grootste kostenpost zijn bij een product. Deze materiaalkosten kunnen uitgezocht worden, omdat alle onderdelen van de projector bekend zijn.

De totale prijs voor de onderdelen en materialen is €88. De berekening van de prijs van de materialen is te zien in *Bijlage 5*.

Omdat de kosten voor de materialen ongeveer 45% van de totale kosten zijn, kan de totale kostprijs berekend worden. De totale kostprijs komt dan op ongeveer €200.

4.5 PROTOTYPE

Er is een prototype gebouwd, die de technische werking van de tekstprojector laat zien en test. Het gaat hierbij niet om de vormgeving van de projector. Er zijn een aantal voorwaarden waar dit prototype aan moet voldoen.

Voorwaarden

- Het prototype moet tekst projecteren op de muur.
- De tekst moet 3500 mm breed en 130 mm hoog zijn.
- De tekst moet leesbaar zijn in een lichte ruimte.
- De tekst mag niet of nauwelijks vervormen door de lens.

Componenten

Aan de hand van de technische uitwerking van de detailleringsfase zijn de componenten verzameld. Er is gebruik gemaakt van een Halogeenlamp van 140 Watt en 2840 lumen (*Figuur 4.5.1*). Twee grote fresnellenzen om het licht te verspreiden over de lcd. Een lcd van een oude mobiele telefoon. De telefoon is uit elkaar gehaald, het scherm is losgehaald en omgeklapt. Daarna is de telefoon weer in elkaar geschroefd, zodat hij nog wel bruikbaar is. Een foto hiervan is te zien in *Figuur 4.5.2*. Als lens is een vergrootglas met een brandpuntsafstand van 110 mm gebruikt. Al deze onderdelen zijn ingebouwd in een box van MDF.

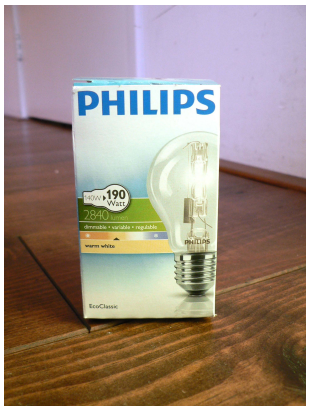


Fig 4.5.1 Halogeenlamp

Fig 4.5.2 Mobiele telefoon met los scherm

Achterin de box zit een fitting met de lamp. Het licht van de lamp schijnt door de lcd van de telefoon en daarna door de lens, die voorin de box geplaatst is. Door deze lens wordt het beeld geprojecteerd.

De fresnellenzen en de lcd kunnen in de box verschoven worden. Zo kan het beeld scherp gesteld worden en het licht goed gefocust worden op de lcd.

De verschillende onderdelen zijn te zien in Figuur 4.5.3-4.5.5. Het gehele prototype is te zien in Figuur 4.5.6 en 4.5.7

Het prototype projecteert het beeld van de mobiele telefoon. De projectie ziet er uit als in *Figuur 4.5.8*. De lamp is niet helder genoeg om in een lichte ruimte te projecteren. Het beeld in *Figuur 4.5.8* is 300 mm breed.
De gebruikte afmetingen bij deze projectie zijn te zien in *Tabel 4.5.1*.

Fig 4.5.3 Mobiele telefoon in prototype

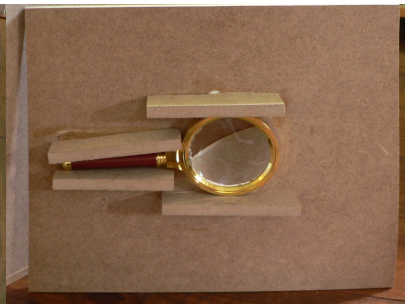


Fig 4.5.4 Vergrootglas in prototype

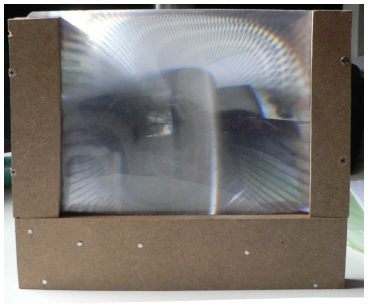


Fig 4.5.5 Fresnellenzen in prototype

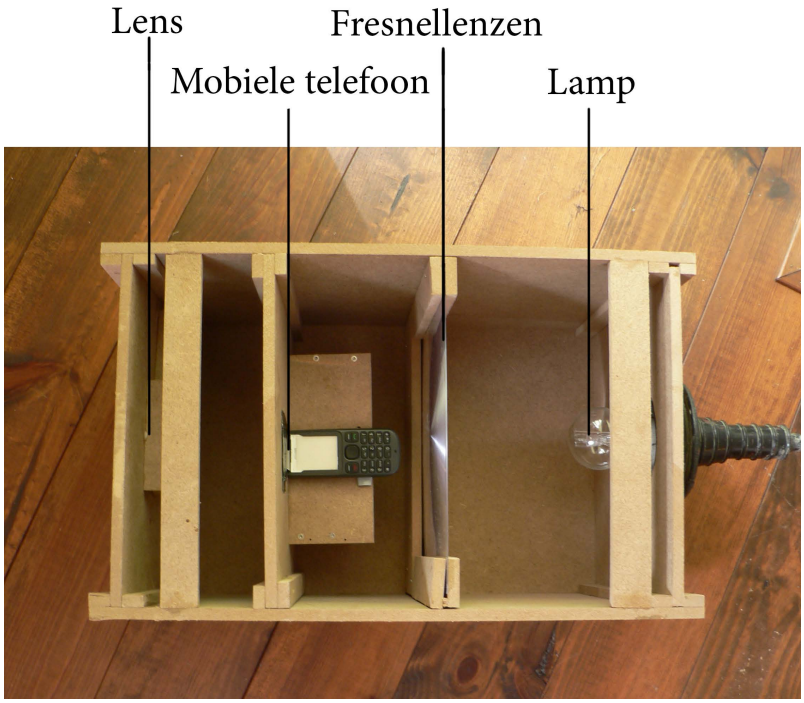


Fig 4.5.6 Prototype van de bovenkant

Fig 4.5.7 Prototype met deksel

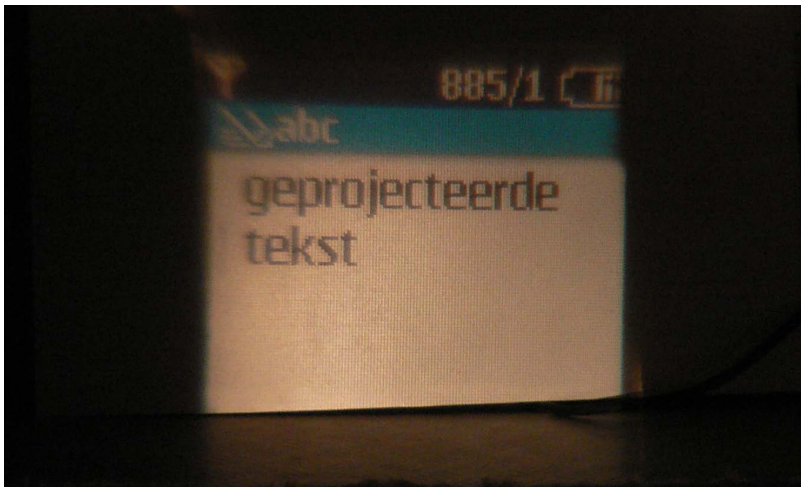


Fig 4.5.8 Projectie van prototype

Brandpuntsafstand	110 mm
Voorwerpsafstand	120 mm
Beeldafstand	1320 mm
Vergroting	
Vergrotingsfactor	11 mm
Breedte voorwerp	28 mm
Breedte beeld	308 mm
Hoogte voorwerp	38 mm
Hoogte beeld	418 mm

Tab 4.5.1 Resultaat afmetingen beeld van het prototype

Aanpassingen aan prototype

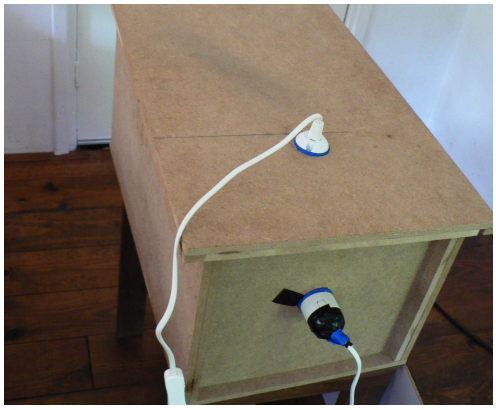


Fig 4.5.9 Projector met twee lampen

Fig 4.5.10 Binnenkant projector met twee lampen

Fig 4.5.11 Projector met aluminiumfolie

Helderheid

De helderheid van het geprojecteerde beeld is nog niet hoog genoeg. Daarom zijn er nog een aantal aanpassingen gedaan aan het prototype. Als eerste is er een lamp toegevoegd. Deze lamp moet precies uitgelijnd zijn met de huidige lamp, zodat het net is alsof het licht uit één lichtbron komt. De projector met twee lampen is te zien in *Figuur 4.5.9 en 4.5.10.*

Ook is er aluminiumfolie achter de lamp gespannen, zodat het licht nog beter naar voren straalt (Figuur 4.5.11).

De helderheid van de projectie zou nog verbeterd kunnen worden, door een puntlichtbron in de projector te plaatsen. Nu gaat er veel licht 'verloren' doordat de lampen licht uitzenden naar andere kanten.

Spiegels

Met een laserpointer is er gekeken welke weg het licht aflegt. Hieruit is geconcludeerd dat spiegels aan de zijkanten van de projector plaatsen geen nut heeft, omdat deze lichtstralen schuin de fresnellenzen in gaan en dan niet op het lcd scherm vallen. Dit experiment is te zien in *Figuur 4.5.12 en 4.5.13.*

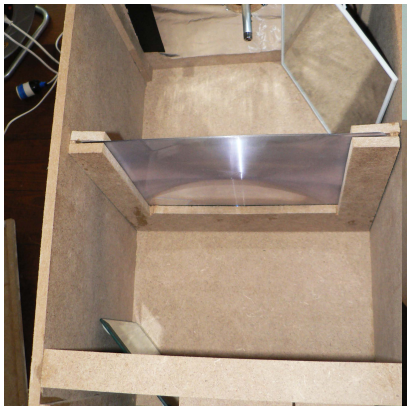


Fig 4.5.12 Experiment met laserpointer

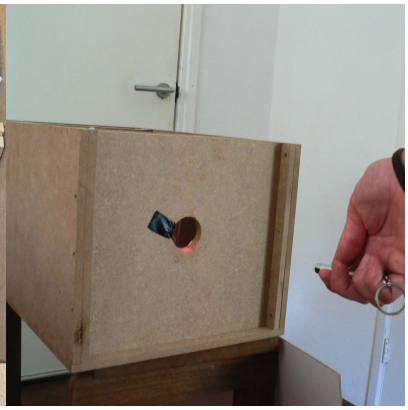


Fig 4.5.13 Experiment met laserpointer

Na deze aanpassingen is het beeld van de projector helderder, maar het beeld is nog steeds niet helder genoeg om te kunnen zien in een lichte ruimte.

Aandachtspunten naar aanleiding van het prototype

Er zijn een aantal punten waarop gelet moet worden bij de bouw van de projector die ontdekt zijn aan de hand van het prototype.

- Alle onderdelen moeten traploos verschoven moeten kunnen worden, omdat de afstanden tussen de verschillende onderdelen erg precies komen.
- De led moet precies uitgelijnd zijn met de fresnellens en de gewone lens om het beste resultaat te krijgen. Als deze niet precies achter elkaar zitten, zal het beeld veel minder helder geprojecteerd worden.
- De voorste lens moet groot genoeg zijn om het gehele beeld te kunnen projecteren.
- De brandpuntsafstand van de fresnellens en de afstand tussen de fresnellens en de lcd zijn ook relevant. In *Figuur 4.5.14* is de freslens te zien op een afstand van ongeveer 250 mm. Hier is te zien dat de cirkel met licht veel groter is dat het lcd scherm. Dit betekend dat de hoeveelheid licht die er is verdeeld wordt over een groter oppervlak en dus minder helder wordt. In *Figuur 4.5.15* is de afstand ongeveer 180 mm en is de cirkel met licht veel kleiner. Dit is dus efficiënter.
- De helderheid van de gebruikte halogeenlampen is weergegeven in lumen. De eis die is opgesteld van 2700 lumen is in Ansi-lumen. Ansi-lumen is de gemiddelde lichtsterkte gemeten op het projectievlak. Lumen is de gehele lichtsterkte die wordt uitgezonden door een lichtbron.
  (Lichtopbrengst en (ANSI) lumen, sd)
  De gebruikte halogeenlampen zijn geen puntlichtbron, maar schijnen alle kanten op. De 2840 lumen van de halogeenlampen is dus veel minder dan de benodigde 2700 lumen. Als het prototype getest wordt met een puntlichtbron, zal dit waarschijnlijk veel betere resultaten geven.

Fig 4.5.14 Grotere afstand tussen fresnellens en lcd

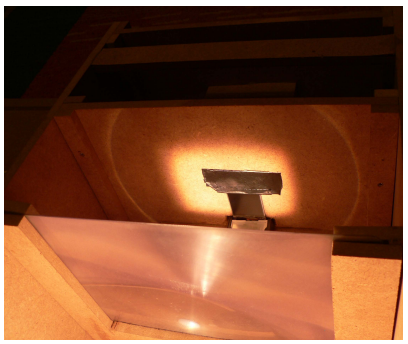


Fig 4.5.15 Kleinere afstand tussen fresnellens en lcd

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Conclusie

Het doel van de opdracht was om te onderzoeken of het idee van een product dat teksten op de muren laat zien, technisch haalbaar is en dit ook te testen aan de hand van een prototype. Aan het begin van het proces bleek dat er al producten bestaan, zoals een lasershowprojector, die aan deze eisen kunnen voldoen. Maar deze producten zijn vanwegen hun prijs vaak niet geschikt voor consumenten of bedrijfen. Daarom is er gezocht naar een oplossing voor het idee, die minder duur is en toch werkt.

Deze oplossing is gevonden, in de vorm van de hiervoor getoonde projector. Deze projector werkt met een hogehelderheidsled. Het licht van deze led gaat door een fresnellens, die er voor zorgt dat het licht gelijkmatig verdeeld en gefocust wordt op de lcd. Op deze lcd is de tekst te zien. De letters op de lcd zijn transparant en de omgeving is zwart, zodat alleen daar waar de letters zijn, het licht doorgelaten wordt. Dit licht wordt door een lens voor in de projector gefocust en geprojecteerd op een muur.

Daarna is er aan de hand van het prototype aangetoond dat het idee technisch haalbaar is.

Aanbevelingen

Het idee is technisch haalbaar, maar de projector is nog niet klaar om geproduceerd te worden. Hiervoor moet er eerst nog naar een aantal zaken gekeken worden.

Aanbevelingen aan de hand van het prototype

In *Hoofdstuk 4.5* is te zien dat er een prototype is gebouwd. Aan de hand van dit prototype zijn er een aantal aanbevelingen.
Voordat er verder gegaan wordt, moet er getest worden of de gekozen lamp echt fel genoeg is. Hierbij moet er ook op worden gelet dat de lichtbron een puntlichtbron moet zijn, om genoeg Ansilumen te kunnen produceren.

Ook moet er verder getest en berekend worden wat de hoek van de spiegels voor de short throw moet zijn, zodat de tekst op de goede hoogte geprojecteerd kan worden. Dit kan gedaan worden door een prototype te bouwen met alle gespecificeerde onderdelen. Zo kan de totale werking van de projector getest worden.

Technische aanbevelingen

Er moet verder onderzoek worden gedaan naar de benodigde hardware en software voor de projector. Als software is er een

applicatie nodig, waarmee de projector bediend kan worden. De hardware die hiervoor nodig is, is in grote lijnen gespecificeerd, maar moet nog in meer detail uitgezocht worden.

Ook moet het stroomverbruik van de projector onderzocht worden, om er zeker van te zijn dat het stroomverbruik van de projector niet te groot is.

Aanbevelingen wat betreft vormgeving en productie

Het gehele productieproces voor de projector moet nog uitgezocht worden. Dit hangt nauw samen met de vormgeving van de projector. Deze vormgeving moet nog in meer detail uitgezocht en uitgewerkt worden. Hierbij moet er ook worden gekeken naar de materialen waarvan de projector gemaakt kan worden. Een belangrijke eis aan deze materialen is dat het hittebestendig moet zijn, omdat de projector warm kan worden.

Naast de materialen moet er ook onderzocht worden welke leveranciers de benodigde onderdelen kunnen leveren en moet er contact met hen worden gelegd.

Marketing en lancering

Voor de projector geproduceerd kan worden moet er eerst gekeken worden hoe groot de vraag is naar deze tekst projector. Dit heeft invloed op de productieprocessen die gekozen kunnen worden. Daarnaast moet er gekeken worden naar een marketing- en lancerings plan en moet er contact worden gelegd met mogelijke klanten om de projector te kunnen verkopen.

BIJLAGE 1 - MARKTANALYSE

Er zijn heel veel verschillende manieren om tekst te 'projecteren' of te laten verschijnen op een oppervlak. In dit hoofdstuk zal er onderzocht worden op wat voor manieren dit allemaal kan. Niet alle mogelijkheden worden besproken, maar wel de belangrijkste en interessantste.
De verschillende manieren zijn ingedeeld in 5 onderdelen.
Dit zijn:

- ***Tekst afbeelden***
- ***Lampen***
- ***Projectors***
- ***Projectie met laser***
- ***Toepassingen met projectors***

Tekst afbeelden

Dit zijn allerlei manieren van tekst tonen wat geen projecteren is, maar wel op één of andere manier kan zorgen voor veranderende tekst op de muren.

Whiteboard

Gebruikers kunnen op het board schrijven en dit kan weer makkelijk worden uitgewist en veranderd. Dit kan een interactief whiteboard zijn, maar ook een normaal whiteboard. Er bestaan ook whiteboard stickers en whiteboard verf. Hier kan ook gewoon op geschreven worden en het kan zo weer uitgeveegd worden. Er bestaat ook transparante whiteboard verf, zodat je de ondergrond kan blijven zien en de letters meer opgaan in hun achtergrond.

Fig B1.1 Whiteboard

Fig B1.4 Interactief Whiteboard

Fig B1.2 Whiteboardverf

Fig B1.3 Transparante whiteboardverf

Schoolbord

Een schoolbord heeft ongeveer dezelfde functie. Bovendien kan er ook met behulp van schoolbordverf een vlak op de muur worden geschilderd waarop ook tekst geschreven kan worden.

Fig B1.5 Schoolbord

Fig B1.6 Schoolbordverf

Beeldscherm

Een beeldscherm kan ook gebruikt worden om allerlei tekst en afbeeldingen te tonen. Er zijn verschillende soorten beeldschermen en monitoren, waaronder lcd, tft (thin film transistor liquid crystal display), plasmaschermen en Oled-schermen.

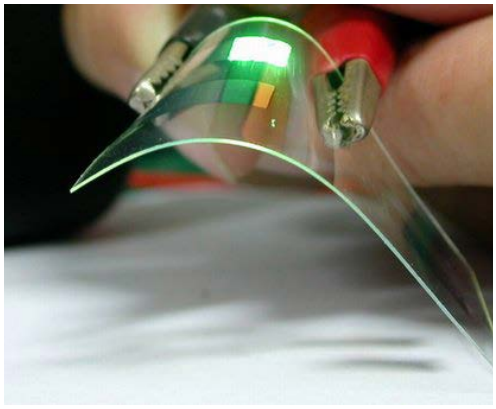


Fig B1.7 Oled-scherm

Led borden

Ook bestaan er hele borden met led lampjes die elk een pixel vormen. Hiermee kunnen steeds veranderende letters worden laten zien.

Fig B1.8 Led bord

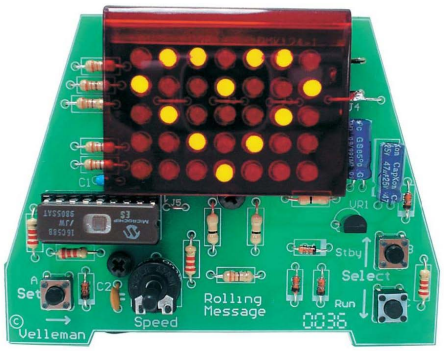


Fig B1.9 Programmeerbare leds

Fig B1.10 Lichtkrant

Lichtkrant

De lichtkrant in *Figuur B1.10* kan geprogrammeerd worden met een afstandsbediening of met software via de computer.
Met het bouwpakketten van *Figuur B1.9* kan men zelf een lichtkrant bouwen en de led aan en uit laten knipperen

Dit producten heeft in principe hetzelfde effect als het product wat er ontworpen moet worden. Maar zoiets als dit is niet onzichtbaar op de muur. Een voordeel is dat het een goedkope oplossing is, maar het is niet zo veelzijdig als gewenst is.

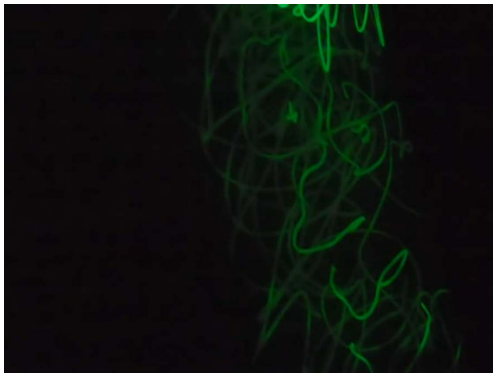


Fig B1.11 Gezicht van luminous paint met laser

Fig B1.12 Schilderij van luminous paint

Laser + Luminous paint

Er bestaan verf soorten die oplichten onder ultraviolette straling. Hiermee kunnen effecten als in *Figuur B1.11 en B1.12* worden behaald. Een nadeel hiervan is dat het alleen werkt in het donker, omdat ook zonlicht de verf laat oplichten.

Inkodye

Inkodye is een verf die pas zijn kleur aanneemt na blootstelling aan licht. Dit is een definitief en dus onomkeerbaar proces. Deze verf wordt nu vooral gebruikt om textiel te bedrukken met behulp van negatieven zoals te zien is in *Figuur B1.1B1.*
(Print fabric with light, 2014)

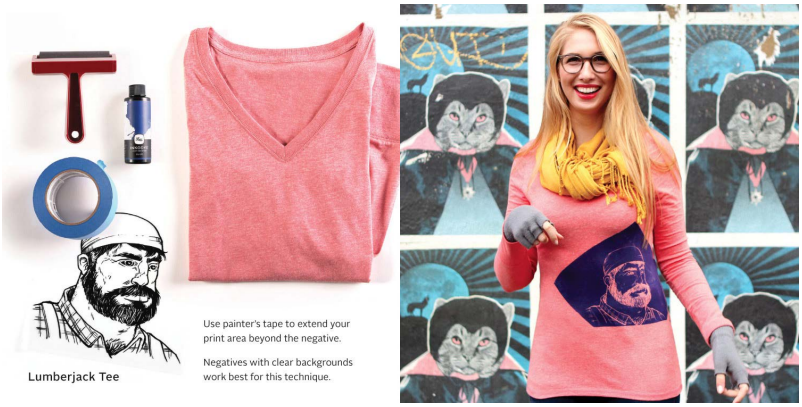


Fig B1.13 Inkodye

Lampen

Neon

Een neonlamp is een onder lage druk met neon (of een ander edelgas) gevulde glazen buis, waarin door een gasontlading licht opgewekt wordt.
(Claude, 1913)
Van deze lampen kunnen allerlei vormen worden gemaakt. In *Figuur B1.14* zijn lichtgevende staafjes te zien die kunnen worden gevormd tot letters zoals te zien is in *Figuur B1.15 en B1.16.*

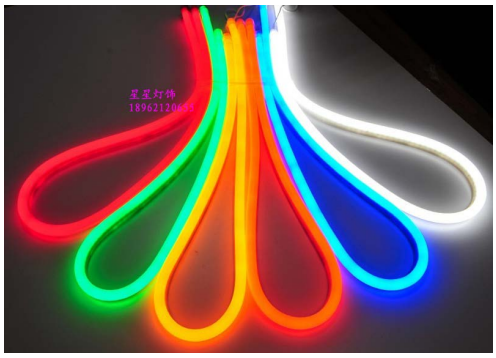


Fig B1.14 Neonstaafjes

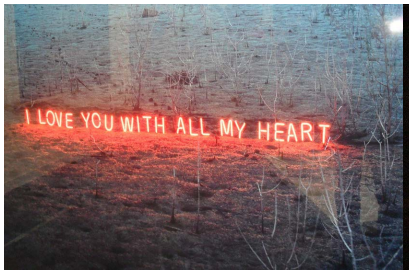


Fig B1.15 Kunst met Neon1

Fig B1.16 Kunst met Neon2

Nixie

Nixie is een vroege vorm van een digitaal display. Het is een met neongas gevulde elektronenbuis met vlak achter elkaar geplaatste gaasvormige elektroden in de vorm van (bijvoorbeeld) de cijfers 0 t/m 9, die oplichten als ze individueel aangestuurd worden.
(Bylander, 1979)

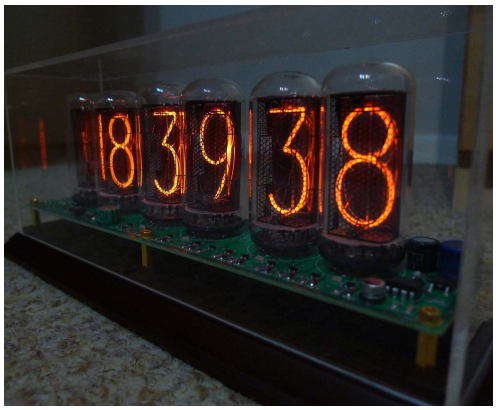


Fig B1.17 Nixie cijfers

Cooling fan met led tekst

Een kleine handventilator waarop tekst instelbaar is, is te zien in *Figuur B1.18*. De propeller met leds draait zo snel rond dat het lijkt alsof er letters staan.

Fig B1.18 Led cooling fan

Alphabet lampen

Op verschillende manieren kan er ook op een decoratieve manier letters worden gemaakt zoals te zien is in *Figuur B1.19-B1.22*

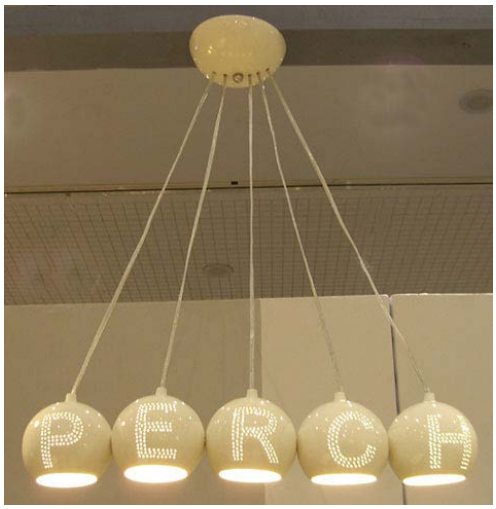


Fig B1.20 Lamp met letters

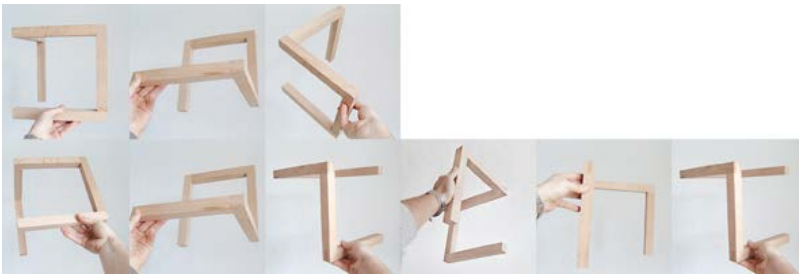


Fig B1.19 Houten letters

Fig B1.22 Letters van lichtgevende buizen

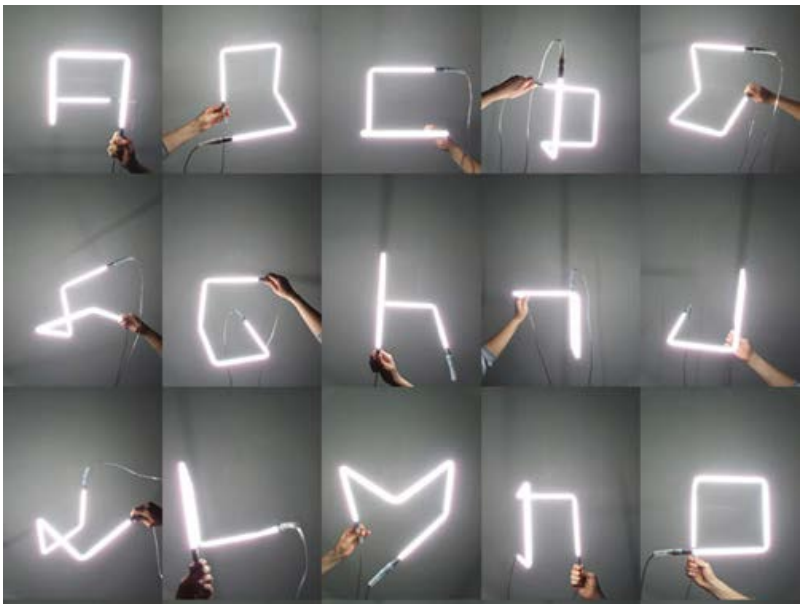


Fig B1.21 Één buis vormt alle letters van het alphabet

Spellbrite

De letters in *Figuur B1.23-B1.25* kunnen aan elkaar geklikt worden en kunnen licht geven. De tekst hiervan kan niet zo gemakkelijk aangepast worden.

Fig B1.25 Puzzelletters

Fig B1.23 Lichtgevende letters1

Fig B1.24 Lichtgevende letters2

Projectors

Een projector is een optisch apparaat om al dan niet bewegende afbeeldingen optisch weer te geven op een scherm of muur. Er zijn veel verschillende soorten projectors. Beamers, overheadprojectors of diaprojectors. Deze zullen hieronder worden beschreven.

Overheadprojector

Een overheadprojector, zoals te zien is in *Figuur B1.26* kan beelden die op een doorzichtige sheet staan overbrengen op de muur. Dit werkt met een spiegel en een lamp onder de sheet en een lens en een spiegel boven de sheet. Zo kan een afbeelding worden vergroot en op een oppervlak worden geprojecteerd. Een nadeel van een overheadprojector is dat het beeld van de sheet niet aangepast kan worden. Bewegende of aanpasbare tekst zou dus lastig worden.

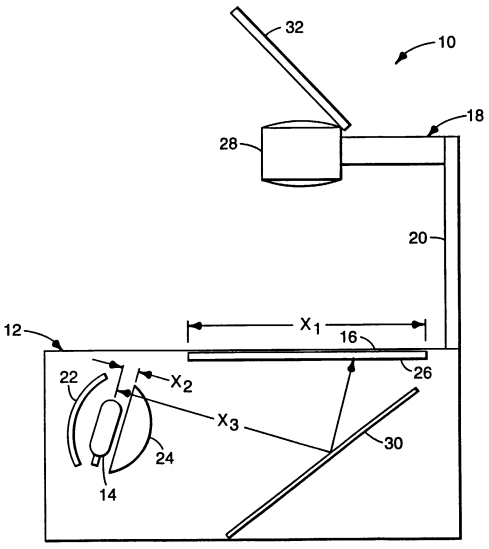


Fig B1.26 Overheadprojector

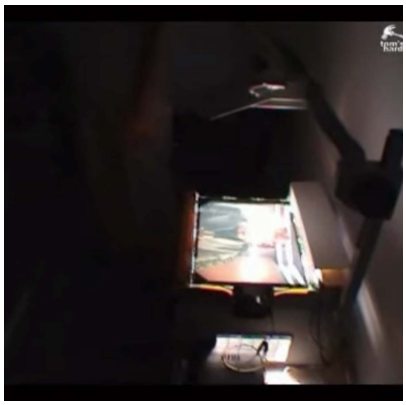


Fig B1.27 Zelfgemaakte overhead-videoprojector

Er kan ook een videoprojector worden gemaakt van een overheadprojector, zoals te zien is in *Figuur B1.27*. Met een lcd flatscreen, een cooling fan en een overheadprojector. Het lcd scherm wordt op de overheadprojector gelegd en de bewegende beelden worden op de muur geprojecteerd. *(Make your own home video projector, 2007)*

Diaprojector

Een diaprojector (*Figuur B1.28*) lijkt op een overheadprojector alleen worden er dia's gebruikt. Met een diaprojector kunnen er ook alleen maar stilstaande beelden worden geprojecteerd. Het zou ook mogelijk kunnen zijn om heel veel dia's snel achter elkaar af te spelen en zo een bewegend effect te creëren.

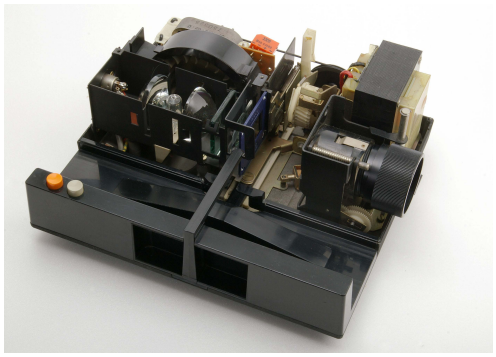


Fig B1.28 Diaprojector

Zelfgemaakte projector

Allereerst kan er ook zelf thuis een projector gemaakt worden. Dit kan worden gedaan met een smartphone of een tablet die achter een lens geplaatst wordt. Zo'n projector is te zien in *Figuur B1.29*. Op deze manier kan het beeld van de smartphone op de muur geprojecteerd worden. Een nadeel hiervan is dat de lichtsterkte erg laag is en het dus niet bij daglicht gebruikt kan worden. *(Build a Cheapo Photo Projector Using a Phone, Shoebox, and Magnifying Glass, 2013)*

Fig B1.29 Zelfgemaakte projector met iPhone

Fig B1.30 LG MiniBeam

Beamer

Een beamer is ook een product wat zou kunnen aansluiten bij de gestelde eisen. Er zijn tegenwoordig allerlei mini beamers op de markt, zoals te zien is in *Figuur B1.30 en B1.31*. Deze hebben een kleinere lichtsterkte, maar zijn draagbaar en kunnen werken op een accu. Deze mini beamers hebben wel minder mogelijkheden dan een gewone beamer.

Een beamer zou de makkelijkste oplossing voor het probleem zijn. Er zouden meerdere beamers aan elkaar gemonteerd kunnen worden en deze zouden samen kunnen werken tot alle muren rondom geprojecteerd kunnen worden. Beamers hebben wel een beperkt oppervlak waarop het beeld scherp is. Dit hangt af van de kwaliteit van de beamer.

Fig B1.31 Philips PixoPix zakprojector

Fig B1.32 Beeld van de LG Mini beamer

Fig B1.33 Short throw projector

Short throw projector

Al deze projectors moeten op een bepaalde afstand van het scherm of het onderwerp waarop geprojecteerd wordt, staan. Hierdoor ontstaan er gemakkelijk schaduwen in de projectie. Een short throw projector is een projector die dit probleem oplost. Door speciale lenzen of een spiegel in de projector, kan deze veel dichter bij het oppervlak geplaatst worden en zijn er minder schaduwen.

Dome projector

In planetariums hebben ze vaak een koepel waarom een sterrenhemel of andere beelden kunnen worden geprojecteerd. Er zijn verschillende manieren waarop dit gedaan kan worden. Met één projector met een Fisheye lens, zoals te zien is in *Figuur B1.35*. Ook kan er een projector worden gebruikt met een bolvormige spiegel zoals te zien is in *Figuur B1.34*. Zo wordt het gewone beeld uit de projector vervormd tot een projectie voor in een koepel. Ook kan er gebruik worden gemaakt van verschillende projectors. Hiermee kan wel de hele koepel worden beschenen, maar het is lastig om de 'blended area' zo klein en onopvallend mogelijk te maken (*Figuur B1.36*).

Fig B1.34 Dome projector met bolle spiegel

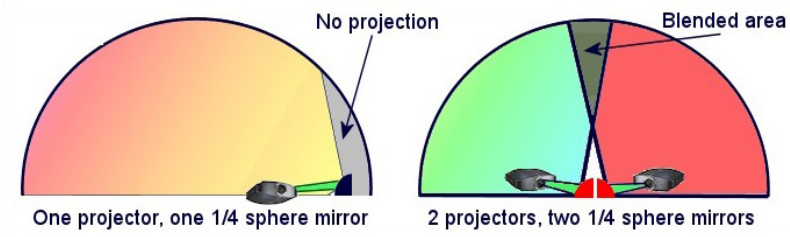


Fig B1.36 Twee verschillende soorten projectie in een koepel

Fig B1.35 Fisheye lens

Led Projectie wekker

Deze led projectie wekker (*Figuur B1.37*) kan de tijd projecteren op het plafond of de muur. Boven het gloeilampje zit een heel klein doorzichtig lcd schermpje met cijfers erop.

Een projector als dit zou ook gebruikt kunnen worden om tekst te projecteren op de muur. Een nadeel hiervan is dat de projectie slecht leesbaar is in een lichte ruimte.

Fig B1.37 Led projectie wekker

Projectie met laser

Laserprojector

Standaard beamers werken met behulp van led. Maar nieuwe beamers kunnen ook werken met speciale Laser techniek. Sony heeft een 'short throw' laserprojector (*Figuur B1.38*)gepresenteerd die stijlvol opgeborgen zit in een lage kast.
(4k-ultra-short-throw, sd)

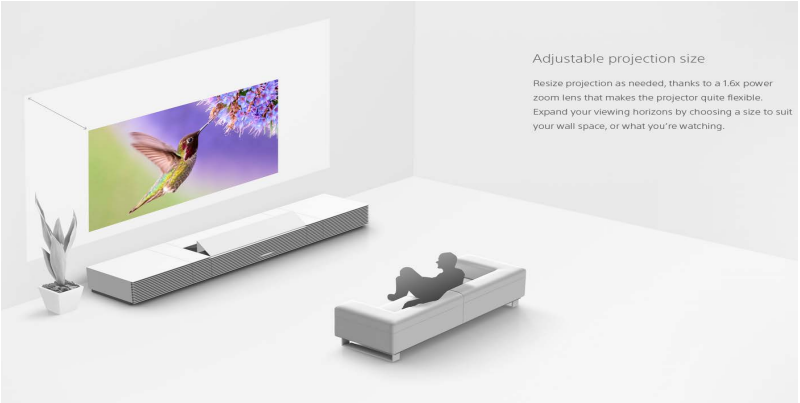


Fig B1.38 Sony Laserprojector

Fig B1.39 Projectie lasershow projector

Lasershow projectors

Voor lasershows worden laserprojectors (*Figuur B1.40*) gebruikt. Deze hebben vaak een beperkte kleur weergave, maar wel een erg grote lichtsterkte. Deze projectors kunnen ook gebruikt worden om afbeeldingen en teksten te projecteren. De projectors zijn te bedienen met een afstandsbediening of via de computer. In *Figuur B1.46* is een laserprojectie te zien waarvan de tekst kan worden aangepast door een sms te sturen.
(Precision Promotional Laser Pointers, sd)

Fig B1.41 Tekst projectie lasershow projector

Fig B1.40 Lasershow projector

Laser projector

Met een laser en twee motortjes kan een mini laserprojector (*Figuur B1.42 en B1.43*) worden gebouwd. Op deze manier kunnen letters op de muur geprojecteerd worden. *Figuur B1.45* is gemaakt met een projector die op dezelfde manier werkt, alleen dan wat geavanceerder.
(De laser projector, sd)

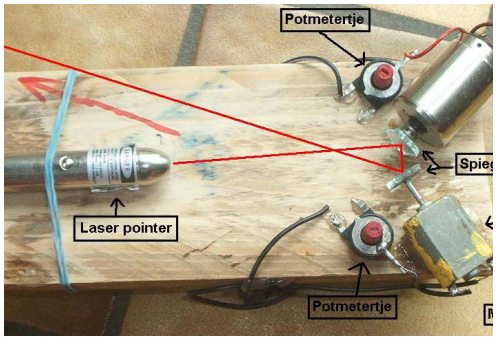


Fig B1.42 Zelfgemaakte laserprojector1

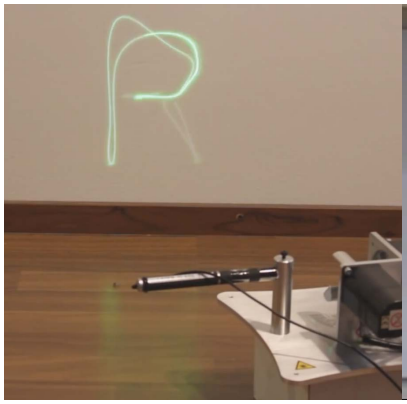


Fig B1.44 Projectie zelfgemaakte laserprojector

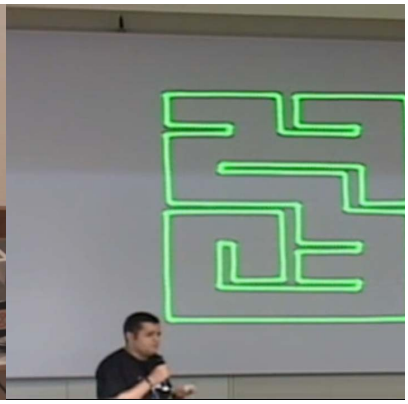


Fig B1.45 Projectie proffesionele laserprojector

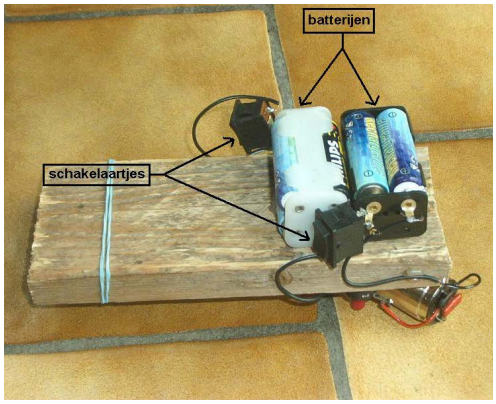


Fig B1.43 Zelfgemaakte laserprojector2

Op de manier zoals in *Figuur B1.46* te zien is kunnen ook daadwerkelijk bewegende letters worden gemaakt. Hier wordt de laser heel snel aan en uit gezet en zo kan het effect van de letters worden gecreëerd. De projectie die dit produceert is te zien in *Figuur B1.47*.
(Alpha-Numeric Laser Projector, 2013, December 4)

Fig B1.47 Projectie carrousel laserprojector

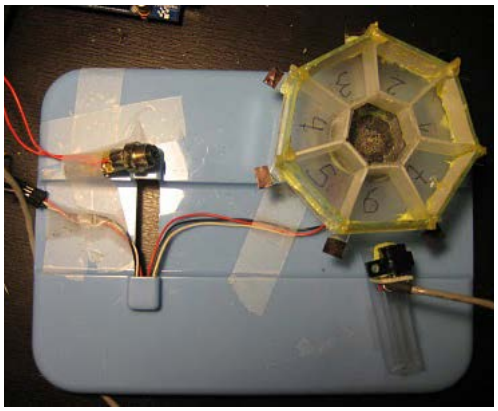


Fig B1.46 Zelfgemaakte carrousel laser projector

Toepassingen met projectors

Fig B1.48 "Home of the Future"

Home of the Future

Op de campus van Microsoft staat de 'Home of the Future' waarin het bedrijf de toekomstvisie op producten in en rond het huis deelt. Hier komt het scherm sterk naar voren. Zo toont Jonathan Cluts, Director Home and Strategic bij Microsoft, schermen die in muren en andere oppervlaktes verwerkt zijn. Het gaat dan om een extreem dun Oled-scherm, vergelijkbaar met papier.
"We kunnen deze schermen op een muur hangen en eroverheen verven of ze zouden zelfs als behang afgedrukt kunnen worden om een hele muur mee te bekleden", legt Cluts uit. Hij benadrukt dat dit nog toekomstmuziek is.
(van Hoek, 2012)

Fig B1.49 Laser graffiti

Laser graffiti

Het Laser Tag systeem (*Figuur B1.49*) is een setup van een camera met een laptop die een groen laser puntje volgt. Hiervan wordt een afbeelding gemaakt, gebaseerd op de positie van de laser op het gebouw. Deze afbeelding wordt geprojecteerd op het gebouw door een high power projector.
Met dit systeem wordt ook gebruik gemaakt van een beamer. De gebruiker kan met een laserpointer op de muur schrijven en de computer kan met de beamer het geschrevene beamen, zodat het 'permanent' op de muur staat. Dit systeem sluit goed aan bij het probleem. Als de laser wordt aangestuurd vanuit de computer, kan hij de tekst 'schrijven'. De camera kan dan dit signaal oppikken en het omzetten in een beamertekst.
(Canal de SensaaInteractive, 2011)

Fig B1.50 Laser graffiti met iPhone

Phone en beamer

Dit systeem zou ook te bedienen zijn met een iPhone of andere smartphone zoals in *Figuur B1.50.* Hiervoor is dan geen laserpointer nodig. Op een telefoon kunnen de letters geschreven worden en met een beamer op een muur worden geprojecteerd.
(Watson, 2010)

Hologram

Het hologram in *Figuur B1.51* is geen echt hologram, maar wordt wel vaak een hologram genoemd. Het staat ook wel bekend als Pepper's ghost. Op een schuin, spiegelend vlak wordt een afbeelding geprojecteerd.

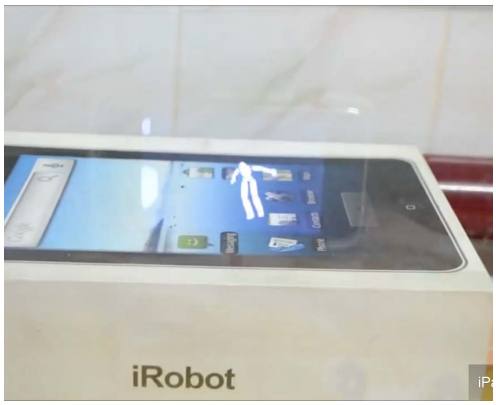


Fig B1.51 'Hologram' van dansend poppetje

Een hologram is vooral geschikt als er een afbeelding over de achtergrond geplaatst moet worden. Ook is het geschikt als de projector onder een hoek moet staan, of zoals in *Figuur B1.52* van boven komt.

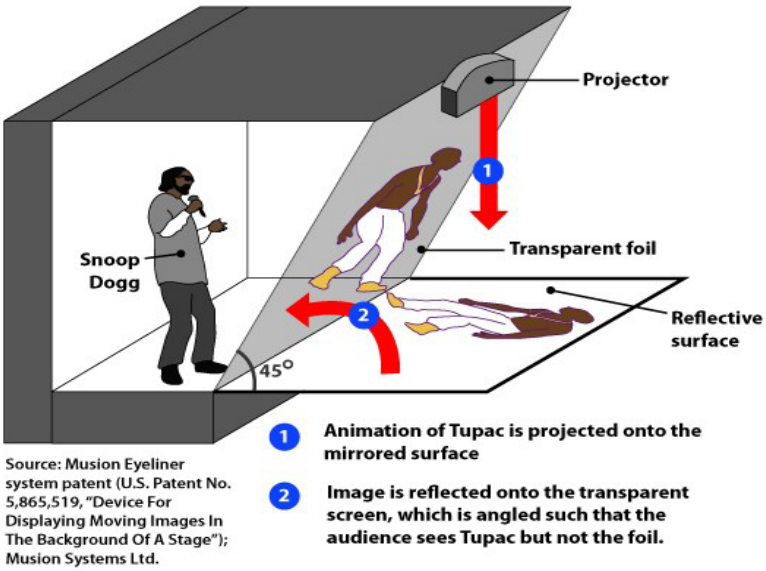


Fig B1.52 Uitleg 'hologram' van Tupac

Holographic foil

Holographic foil is een transparant folie waarop afbeeldingen geprojecteerd kunnen worden. Dit wordt vooral gebruikt voor reclame op ramen.

Fig B1.53 Holographic foil

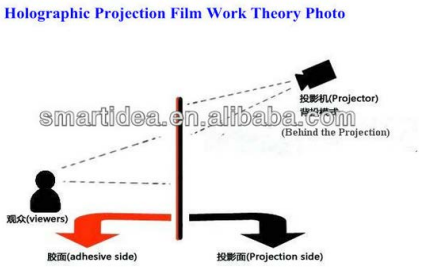


Fig B1.54 Uitleg holographic foil

Decoratieve geprojecteerde tekst

In het voorgaande hoofdstuk zijn vooral nuttige methoden besproken om tekst mee te projecteren. In deze paragraaf zal er wat verder ingegaan worden op het decoratieve aspect van geprojecteerde tekst.

Fig B1.55 Interactive typografic installation

Interactive typografic installation

Er wordt tekst geprojecteerd op de grond. Als bezoekers over deze letters heen lopen verschijnt hun silhouet in deze letters op de muur. Zo ontstaat een interactief geheel.
(Interactive Typographic Installation, sd)

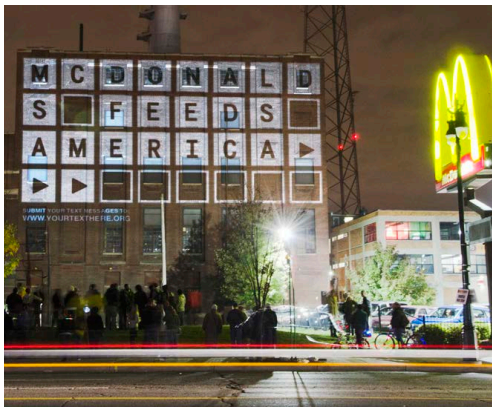


Fig B1.56 Your text here

Your text here

Een project, your text here, waarbij er een statement wordt gemaakt door sms berichten af te beelden op een gebouw. Iedereen kan een sms sturen naar een bepaald nummer en deze wordt dan op een gebouw geprojecteerd.
(Your Text Here, 2012)

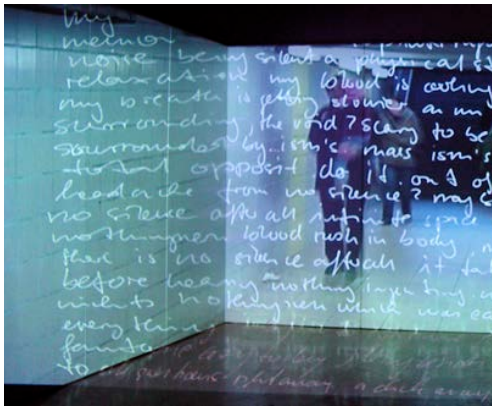


Fig B1.57 Multimedia installatie Stockholm

Multimedia installatie Stockholm

Dit is een multimedia installatie met geluid, beeld en tekst in een ruimte. Het gaat nu op de tekst die wordt geprojecteerd op en glazen wand. Doordat de toeschouwer zichzelf weerspiegeld ziet in het glas, wordt hij fysiek betrokken in de installatie.
(Installation Stockholm, sd)

The Cyrillic Projector

Vanuit een kolom in het midden van een zaal wordt tekst geprojecteerd op de omliggende muren en vloeren. Doordat de letters de hele ruimte overdekken wordt de toeschouwer helemaal overdekt door de tekst.
(The Cyrillic Projector, sd)

Fig B1.58 The Cyrillic Projector

Light projection

De tekst lijkt uit het niets te komen en te zweven in de ruimte. Dit is een bevreemdende beleving. Het lijkt niet meer te gaan om de tekst, maar de letters worden vormen die een kunstwerk op zichzelf vormen.
(Light Projection, sd)

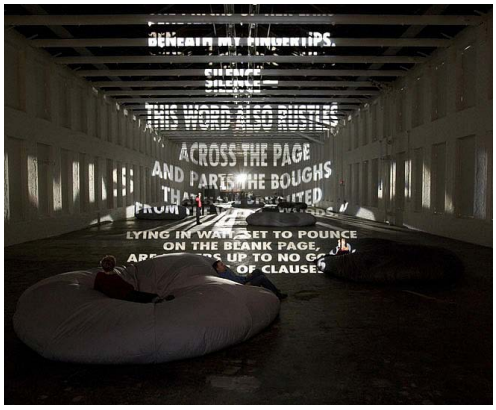


Fig B1.59 Light Projection

Monument

Met deze gekleurde lichtkranten krijgt de hele ruimte een andere kleur en daardoor een andere sfeer.
(Monument, 2008)

Fig B1.60 Monument

Conclusie

In al deze voorbeelden is te zien dat er heel veel verschillende methoden bestaan om tekst te projecteren of te tonen. Dit hoeft niet alleen functioneel te zijn, maar juist ook decoratief.
Niet al de methoden die genoemd zijn kunnen gebruikt worden voor het te ontwerpen product. In ***hoofdstuk 2.5*** zal er gekeken worden welke methoden nuttig zijn en waar dus meer onderzoek naar gedaan moet worden.

BIJLAGE 2 - TECHNISCHE ACHTERGROND

LICHTBRON

Er bestaan verschillende soorten lichtbronnen die gebruikt kunnen worden in een projector. Hierbij kan er gedacht worden aan leds, maar ook gloeilampen en halogeenlampen.

LEDS

Fig B2.1 Standaard led

Een led is een klein lampje dat is ondergebracht in een behuizing met een kunstof lens om het licht te bundelen. Er zijn heel veel verschillende soorten leds, met allemaal een eigen specialisme.
Er zijn hele kleine leds, met een doorsnede van minder dan een millimeter. De meest gebruikte led is de led die te zien is in *Figuur B2.1.* Deze led heeft een doorsnede van 5 mm en is in allerlei verschillende kleuren te krijgen. “Leds hebben allerlei voordelen in vergelijking met gloeilampen: ze zijn robuuster en efficiënter, worden minder warm, reageren sneller en gaan veel langer mee.(...) Door de keuze van het halfgeleidermateriaal, het materiaal waardoor een led licht geeft, kunnen leds in allerlei kleuren worden gemaakt, zoals rood, geel en groen.”
Er wordt tegenwoordig steeds meer gebruik gemaakt van led lampen in verschillende toepassingen, vanwege de voordelen van een ledlamp ten opzichte van een gloeilamp.
(Shamieh & McComb, 2010)

Fig B2.2 Hogehelderheidsled

HOGEHELDERHEIDSLED

Een hogehelderheidsled is een led die een lichtsterkte heeft tot meer dan 3000 lumen bij een vermogen van 30 Watt (0.01 W/lm). Deze led’s zijn zo gemaakt dat ze een grotere elektrische stroom kunnen hebben. Een nadeel hiervan is dat de led’s erg warm worden. Daarom is een koelplaatje nodig.
(Luminus products Datasheet, 2009)

GLOEILAMP

Fig B2.3 Gloeilamp

Een gloeilamp is een ouderwetse lamp, die niet meer gebruikt mag worden, doordat hij een laag rendement heeft. Vroeger werkten diaprojectors met een gloeilamp.
De gloeilamp produceert licht door middel van een gloeidraad in een lucht-arme bol van glas, waarin elektrische stroom tot zeer hoge temperaturen verhit wordt. Er loopt stroom door de gloeidraad. Hierdoor wordt deze draad zo warm, dat deze licht gaat geven. De gloeidraad is gemaakt van wolfraam, wat een hoge smelttemperatuur heeft. Een gloeilamp van 150 Watt geeft een lichtstroom van 2200 lumen (0.07 W/lm).
(Dr, 2011)

Halogeenlamp

Een halogeenlamp is een soort gloeilamp. Deze lamp is alleen niet gevuld met inert gas, maar ook met halogeengas. Dit halogeengas zorgt er voor dat de gloeidraad minder snel kapot gaat. Hierdoor kan een halogeenlamp warmer worden, zonder dat de draad breekt. Het lichtrendement van een halogeenlamp is 2,5 keer zo hoog als dat van een gloeilamp.
(Dijksterhuis, 2003)

Fig B2.4 Halogeenlamp

In overhead projectors wordt gebruik gemaakt van een high-power halogeenlamp. Dit zijn halogeenlampen die een vermogen hebben van 600 Watt. Nieuwere halogeenlampen hebben een beter rendement. De halogeenlamp in *Figuur B2.4* heeft een vermogen van 130 Watt en een lichtstroom van 2500 lumen (0.05 W/lm).

Spaarlamp

Spaarlampen zijn speciaal ontwikkeld om de gloeilampen met een laag rendement te verbeteren. Spaarlampen zijn in feite opgevouwen tl-lampen. Een tl-lamp bestaat uit een buis, gevuld met gas. Aan weerszijden van de buis bevindt zich een elektrode. Tussen deze twee elektroden vindt een gasontlading plaats, waardoor het gas licht gaat uitzenden. Hierbij komt veel minder warmte vrij dan bij een gloeilamp. Een nadeel van een spaarlamp is de langere opwarmtijd, totdat de volle lichtopbrengst is bereikt. Een spaarlamp van 33 Watt geeft een lichtstroom van 2100 lumen (0.02 W/lm).
(Energiezuinige lampen op een rij, sd)

HID-lamp

Een High Intensity Discharge lamp (HID-lamp) is en lamp die gebruikt wordt in beamers. HID lampen maken meer zichtbaar licht per eenheid verbruikte elektrische stroom dan tl- en gloeilampen, omdat een groter deel van de straling zichtbaar licht is in plaats van infrarood. HID-lampen worden gebruikt wanneer hoge lichtniveaus over grote oppervlakten nodig zijn en wanneer de energie-efficiëntie en/of lichtintensiteit nodig is. Ultra-High-Performance (UHP) HID-lampen worden gebruikt in LCD of DLP projectors.
(HID-lighting-technology fundamentals, 2010)

Fig B2.5 HID-lamp

Een HID-lamp van 35 W geeft een lichtstroom van 2500 lumen (0.014 W/lm). Dit is dus ongeveer gelijk aan de verhouding tussen vermogen en lichtstroom van een led.

Energieverbruik van de lichtbron

Al deze lampen hebben een bepaald energieverbruik. Omdat de lamp in de projector veel aan staat is het belangrijk dat deze lamp energiezuinig is.

Het energieverbruik van de projector kan vergeleken worden met dat van een apparaat wat ook de hele dag aan staat. Een koelkast is een voorbeeld van zo'n apparaat. De nieuwste koelkasten hebben een energieverbruik van 129 kWh per jaar. De projector moet minder energie kunnen gebruiken dan een koelkast, omdat een koelkast andere functies heeft. Dus het energieverbruik mag maximaal 129 kWh per jaar zijn bij een brandtijd van tien uur per dag.
(Emck, 2011)

Beeld

Er zijn verschillende manieren waarop beeld weergegeven kan worden. In het morfologisch schema wordt een lcd genoemd.

Lcd

Er bestaan verschillende typen lcd schermen. Er zijn passieve matrix lcd schermen en actieve matrix lcd schermen.
Passieve lcd's werken op een eenvoudigere manier dan actieve lcd's. In de basis bestaat een lcd uit een aantal lagen. Één van deze lagen is een laag met vloeibare kristallen. Doordat deze kristallen in verschillende configuraties liggen wordt er wel of niet licht door gelaten.

Tft

Een tft (Thin Film Transistor) lcd is een actieve matrix lcd. Deze bestaat altijd uit een aantal lagen. Als eerste is er de backlight. Dit is meestal een rij met leds aan de onderrand van het scherm. Dit licht gaat door een aantal filters, om er voor te zorgen dat het licht gelijkmatig verdeeld wordt. Hierna is er een polarisatiefilter, wat op een glasplaat zit. Achter deze glasplaat bevindt zich de thin-film transistor. Dit is de elektrode die voor de spanning zorgt. Tussen deze elektrode en de tweede elektrode zit de laag met vloeibare kristallen, waaraan de lcd zijn naam dankt. Bovenop de tweede elektrode zit weer een glasplaat met een polarisatiefilter. Deze opbouw is ook te zien in *Figuur B2.6.*

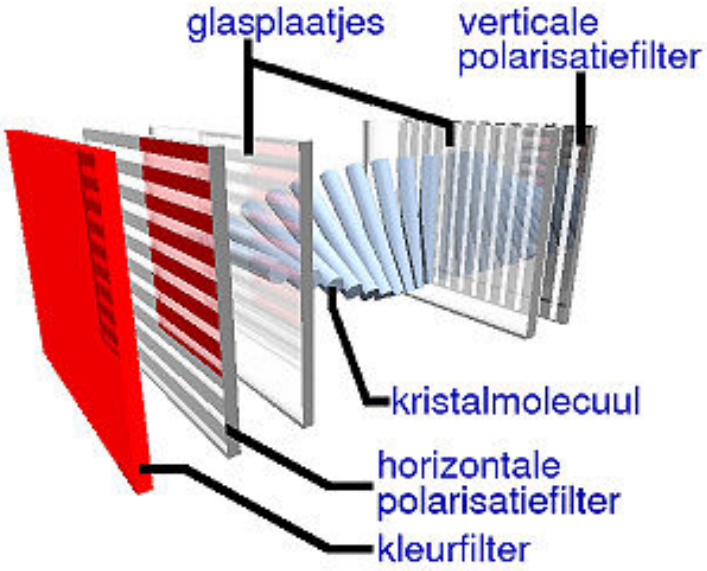


Fig B2.6 Werking lcd

De laag die de thin-film transistor wordt genoemd bestaat uit transistors en condensatoren. Voor elke pixel in een scherm is er één transistor en één condensator. In tft's geleiden, net zoals in gewone transistoren, twee aansluitenpunten stroom en de derde schakelt de transistor aan en uit. De transistoren zijn gerangschikt als rijen en kolommen. Één rij tegelijk wordt geactiveerd. Alle pixels in de rij worden geladen tot de door de kolom aangegeven hoeveelheid. Als alle condensatoren geladen zijn, worden de transistoren uitgeschakeld en de condensator zorgt ervoor dat de spanning behouden blijft. Daarna wordt de volgende rij geactiveerd. Dit proces wordt steeds herhaald, om te voorkomen dat het beeld vervaagd, omdat er geleidelijk spanning lekt van de condensatoren. Dit gaat zo snel, dat het niet te zien is met het oog.
(Shamieh & McComb, 2010)

Er zijn veel variaties in deze tft lcd's. Er zullen hier drie verschillende besproken worden. De eenvoudigste is de TN technologie, IPS technologie heeft een betere kijkhoek. MVA is een compromis tussen beide.

Twisted nematic (TN)

Dit is de eenvoudigste soort lcd die gebruikt wordt. In *Figuur B2.7* wordt de werking uitgelegd. In de linker afbeelding is het elektrische veld uitgeschakeld. De liquid crystal moleculen bovenin het substraat zijn gedwongen om zich haaks te oriënteren ten opzichte van de onderste moleculen, door het polarisatiefilter. Hierdoor ontstaat een een spiraalvormige structuur met een 90 ° draai tussen de lagen glas. Dit heeft een leidende invloed op het licht. Het licht wordt door de spiraal 90 ° gedraaid en kan zo door de hele cel heen. Hierdoor lijkt de cel transparant.
In de rechter afbeelding is het elektrische veld ingeschakeld. De moleculen lijnen uit met het onderste polarisatiefilter. Het licht dat nu door het filter komt wordt geblokkeerd en de cel lijkt zwart.
Het schakelen tussen de ene en de andere staat gebeurd in ongeveer 5 milliseconden.
De nadelen van de TN technologie zijn de slechte kijkhoek, de lage kwaliteit van kleur weergave en de relatief hoge reactietijd.
(Matuszczyk, 2000)

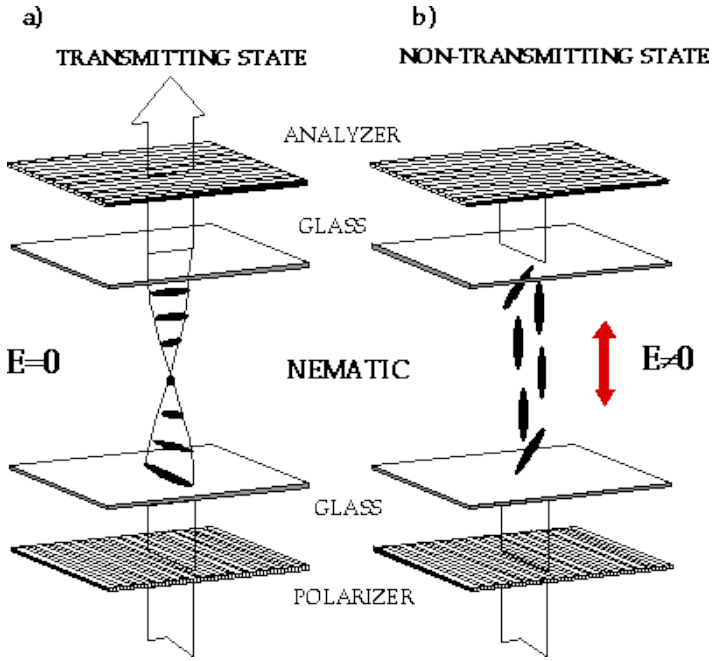


Fig B2.7 Uitleg TN

In-plane Switching (IPS)

In-plane Switching is een display technologie die is ontworpen om een aantal beperkingen van het TN-panel op te lossen. Zoals de relatief hoge reactietijd , de lage kwaliteit kleur weergave en de kleine kijkhoeken. De In Plane Switching technologie staat ook bekend als Super tft.

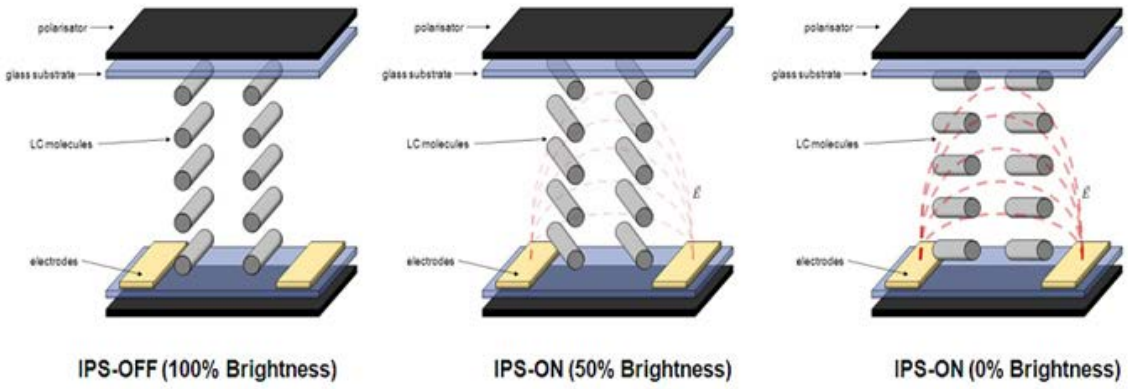


Fig B2.8 Uitleg IPS

De kristallen in de cellen van het IPS paneel liggen altijd in hetzelfde vlak en zijn altijd parallel aan elkaar. Als er spanning wordt aangebracht over een cel, draaien alle kristallen in een cel 90 graden, waardoor het licht doorgelaten kan worden. De helderheid van het paneel kan veranderen, door de hoeveelheid spanning die er op de elektroden wordt gezet. Als deze spanning 50 % is wordt er minder licht doorgelaten, dan als de spanning 100 % is. Dit principe wordt getoond in *Figuur B2.8*.

Het voordeel van deze technologie is dat het beeld van een grotere kijkhoek te zien is. Een IPS paneel is ook anders omdat de elektroden beide aan dezelfde kant liggen. Bovendien nemen ze meer plaats in dan de elektroden in een TN paneel. Dit zorgt voor een lager contrast en een lagere helderheid van het paneel. *(Baker, 2013)*

Multi-domain Vertical Alignment(MVA)

Multi-domain Vertical Alignment (MVA) technologie is ontwikkeld als een compromis tussen TN en IPS technologie.
Een MVA paneel bestaat uit meerdere domeinen. Elk van deze domeinen vormt een pixel. De domeinen worden gevormd door uitsteeksels in een cel. Dit zijn de paarse vlakken in *Figuur B2.9*. Deze uitsteeksels zorgen ervoor dat de kristallen niet helemaal verticaal kunnen komen te staan. Als er een elektrisch veld is gecreëerd lijnen de kristallen horizontaal uit, waardoor er licht langs kan. Doordat het paneel bestaat uit domeinen, wordt de kijkhoek vergroot, in vergelijking met een TN paneel.
(Baker, 2013)

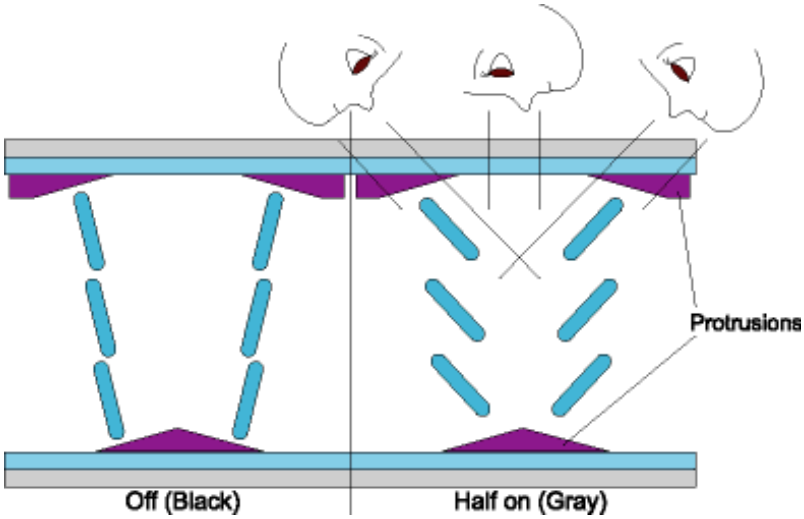


Fig B2.9 Uitleg MVA

In *Figuur B2.10* is een vergelijking tussen drie soorten panelen te zien.

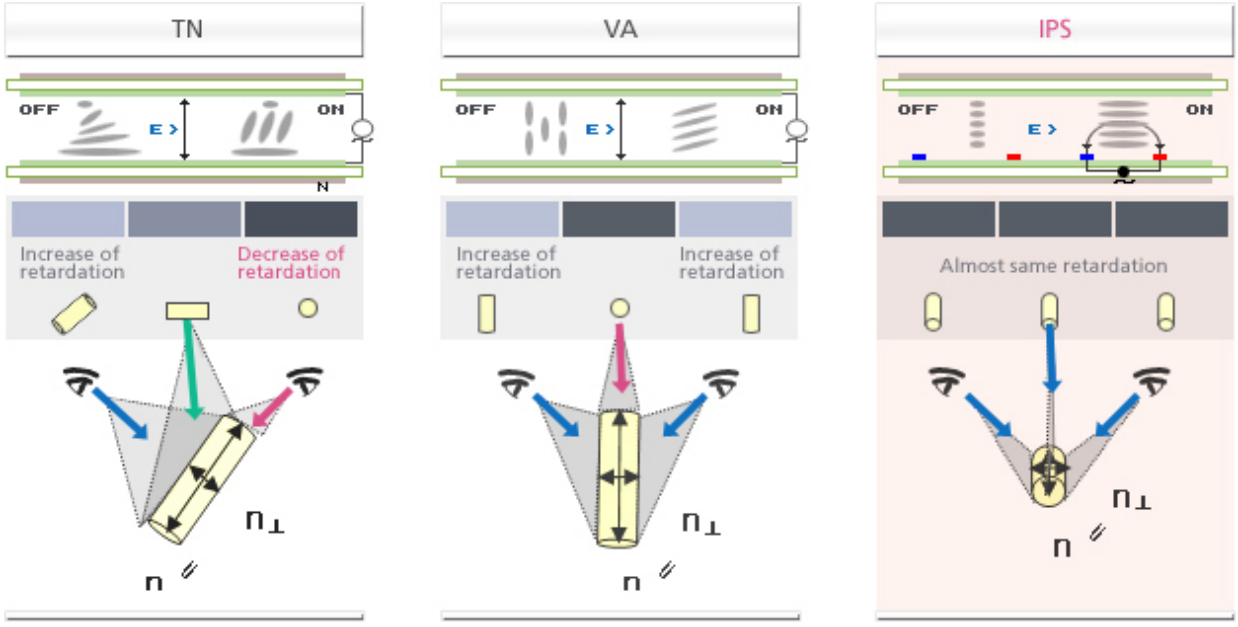


Fig B2.10 Vergelijking verschillende typen

Seven segment display

Een seven segment display is een vereenvoudigde versie van een lcd scherm. Hierin worden geen pixels gebruikt, maar elektroden in de vorm van de segmenten. Dit is te zien in *Figuur B2.11*. Elk van deze elektroden kan apart aangestuurd worden en zo kunnen alle getallen gevormd worden.

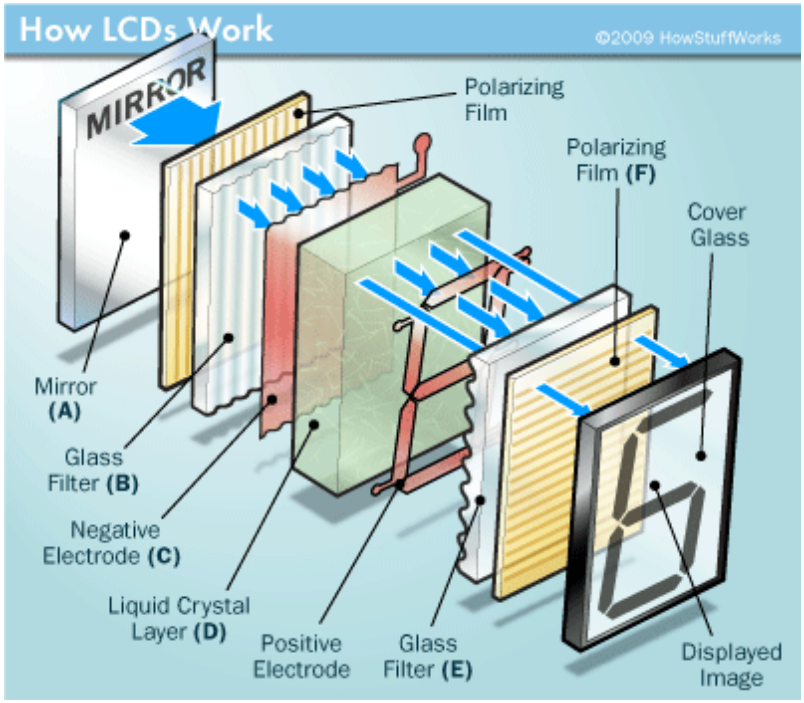


Fig B2.11 Werking seven segment display

Lenzen

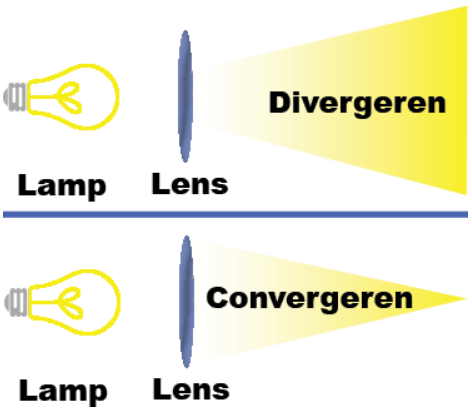


Fig B2.12 Divergente en convergente lenzen

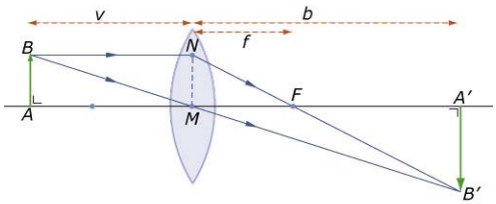


Fig B2.13 Lichtbreking door lens

Een lens is een doorzichtig voorwerp – meestal van glas, maar ook wel van heldere kunststof – waarmee lichtbundels convergent of divergent kunnen worden gemaakt.

Een lichtbundel van een lamp is vaak divergent. Dit betekend dat de stralen uit elkaar gaan, zoals te zien is in *Figuur B2.12.* Door een lens in een lichtbundel te plaatsen, kan deze van vorm veranderen en divergent of convergent gemaakt worden.

Hierdoor is het mogelijk om met lenzen een beeld te projecteren. Een lens zorgt er voor dat licht, wat een beeld vormt, covergent gemaakt wordt en gefocust op een muur valt. Een lens heeft een brandpuntsafstand. Dit is de afstand tussen de lens en het punt waar, evenwijdig aan de optische as, invallende lichtstralen samenkomen na door de lens gebroken te zijn.
Dit betekent dat de afstand van het beeld naar de lens en de afstand van de lens naar de projectie in een bepaalde verhouding tot elkaar staan. Bij aankoop van een lens is deze brandpuntsafstand vaak gegeven. Deze brandpuntsafstand is in *Figuur B2.13* aangegeven met de letter F. De voorwerpsafstanden en beeldafstanden die passen bij deze brandpuntsafstand zijn te berekenen met een aantal natuurkundige formules.
(Duree, 2011)

Er zijn een aantal tests uitgevoerd met verschillende soorten lenzen. Het proces en de resultaten hiervan zijn te zien in *Bijlage 3*. Uit de test kan worden geconcludeerd dat de lens in de projector verschoven moet kunnen worden, om zo het beeld te kunnen scherpstellen.

Fresnellens

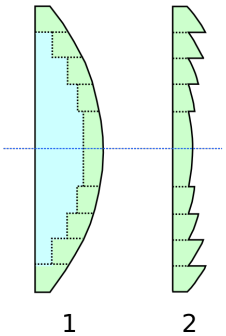


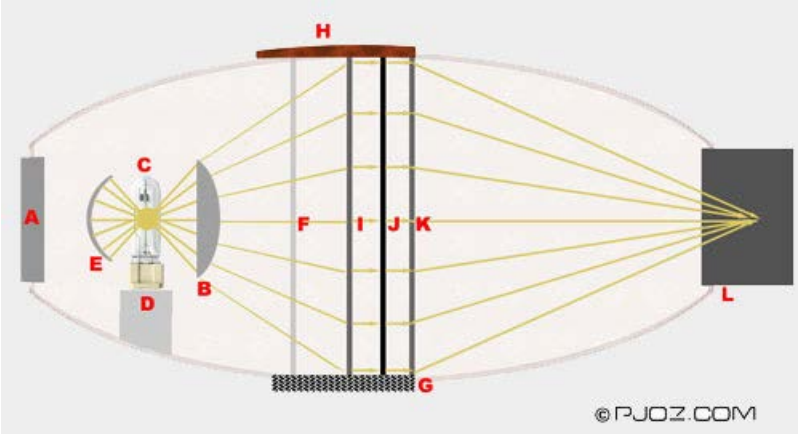
Fig B2.14 Principe fresnellens

Een fresnellens is een speciale lens die gebruikt wordt bij vuurtorens, navigatieverlichting, in overheadprojectors, inparkeerhulp in vooral bestelauto's en in zoekers van veel spiegelreflexcamera's.
Eenvoudig gezegd bestaat een fresnellens uit een in concentrische ringen of schillen opgedeelde lens. De dikte van de ringen is steeds ongeveer gelijk, zodat de lens bij benadering vlak is. Uitgaande van de oorspronkelijke bolle lens (*Figuur B2.14*) is van buiten naar binnen de ring als het ware steeds dieper ingedrukt. In *Figuur B2.14* is bij nummer 2 de doorsnede van de ontstane fresnellens weergegeven. De vergrotende of verkleinende werking wordt niet anders door het weglaten van delen van de lens die niet bijdragen aan de breking.

Het grote voordeel van een fresnellens is een vermindering van

materiaal en een verminderde dikte. Door de kleinere dikte is ook de optische verzwakking door absorptie geringer.
(U.S. Patent No. 4787722, 1988)

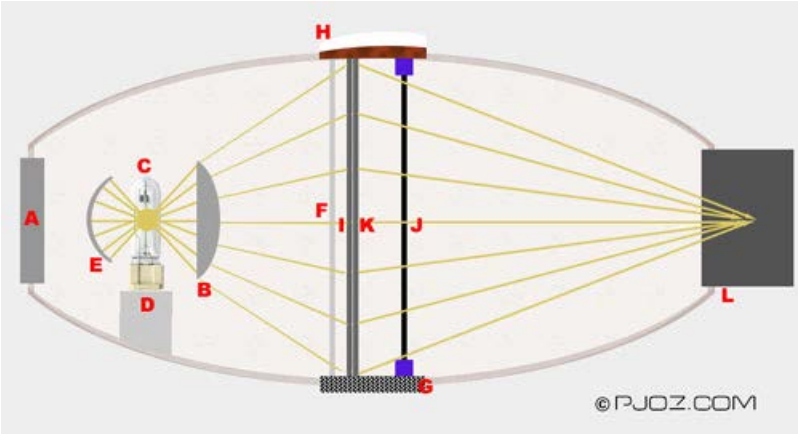
Fresnellenzen kunnen gebruikt worden als een gewone lens, maar worden ook veel gebruikt om het licht van een lichtbron gelijkmatig over een beeld te verdelen. Als het licht gelijkmatig is verdeeld, kan een beeld beter worden geprojecteerd. Dit principe wordt gebruikt in overheadprojectors. Er zijn hierbij twee opties. Een gesplitste en een ongesplitste opstelling.



B = Condenser lens
C = Lichtbron
E = Spiegel
I = Fresnellens
J = LCD
K = Fresnellens
L = Lens

Fig B2.15 Binnenkant projector met gesplitste fresnellens opstelling

Bij de gesplitste opstelling is er een lens voor en een lens na de lcd geplaatst. Dit is te zien in *Figuur B2.15.* Dit heeft als voordeel dat het licht het meest gelijkmatig over de lcd wordt verdeeld. Een nadeel hiervan is dat het contrast van het beeld lager wordt.



B = Condenser lens
C = Lichtbron
E = Spiegel
I = Fresnellens
J = LCD
K = Fresnellens
L = Lens

Fig B2.16 Binnenkant projector met ongesplitste fresnellens opstelling

Bij de ongesplitste opstelling (*Figuur B2.16*) worden twee fresnellenzen tegen elkaar achter de lcd geplaatst. Dit zorgt voor een beter contrast en het is gemakkelijker te bouwen, omdat de groeven van de fresnel beter uitgelijnd kunnen worden. Wel moet er op gelet worden dat de fresnellenzen groot genoeg zijn. Anders kunnen er donkere randen ontstaan.
(DIY Projector Theory, sd)

BIJLAGE 3 - TESTEN MET LENZEN

Fig B3.1Testopstelling kleine fresnellens

Er zijn een aantal testen uitgevoerd om vertrouwd te raken met de fresnellenzen en de lenzenformule. Als eerste is er getest met een kleine fresnellens. Dit is een lens in creditcard formaat met een brandpuntsafstand van 170 mm. Deze brandpuntsafstand is gegeven door de fabrikant. Met de testopstelling zoals die te zien is in *Figuur B3.1* wordt deze brandpuntsafstand gecontroleerd.

De afstand van het beeld tot de lens is 0.25 m. De afstand van de lens tot de muur was 0.55 m. Op deze afstand was het beeld scherp. Met onderstaande formule kan de brandpuntsafstand dan gecontroleerd worden.

$$f = \frac{1}{\frac{1}{v} + \frac{1}{b}} = \frac{1}{\frac{1}{0.25} + \frac{1}{0.55}} = 0.172\ m$$

De waarde 0.172 m komt overeen met de gegeven waarde van 170 mm. De gegeven brandpuntsafstand klopt dus.

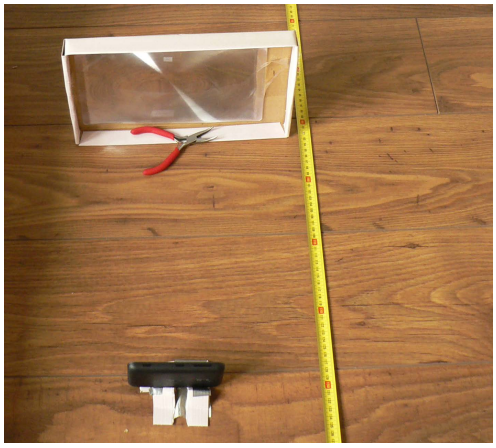


Fig B3.2 Testopstelling grote fresnellens

Ditzelfde is gedaan met de grotere fresnellens. Deze opstelling is te zien in *Figuur B3.2.* Deze lens heeft het formaat van een A4. De gegeven brandpuntsafstand was 300 mm.

v = 0.4 m
b = 0.9 m

$$f = \frac{1}{\frac{1}{v} + \frac{1}{b}} = \frac{1}{\frac{1}{0.4} + \frac{1}{0.9}} = 0.277\ m$$

Deze brandpuntsafstand komt niet zo goed overeen met de eerste lens. Daarom is dit meerdere keren getest. Na vijf testen met verschillende afstanden is de gemiddelde brandpuntsafstand 280 mm.

Fig B3.3 Testopstelling grote fresnellens

Aan de hand van onderstaande test is ook de brandpuntsafstand van een loep bepaald. Deze opstelling is te zien in *Figuur B3.3.*

v = 0.21 m
b = 0.22 m

$$f = \frac{1}{\frac{1}{v} + \frac{1}{b}} = \frac{1}{\frac{1}{0.21} + \frac{1}{0.22}} = 0.11\ m$$

De brandpuntsafstand van de loep is dus 110 mm

Hierna is er een test gedaan met de twee fresnellenzen voor elkaar (*Figuur B3.4*). Deze test is voor verschillende voorwerpafstanden gedaan.

Fig B3.4 Testopstelling grote en kleine fresnellens

Eerst moet de brandpuntsafstand van dit systeem worden berekend.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f1} + \frac{1}{f2} \qquad f = \frac{1}{\frac{1}{f1} + \frac{1}{f2}} = \frac{1}{\frac{1}{0.17} + \frac{1}{0.30}} = 0.11\,m$$

In *Tabel B3.1* zijn de resultaten van deze test te zien. De theoretische waarden komen niet overeen met de gemeten waarden.

v (mm)	b - gemeten (mm)	b - theoretisch (mm)
120	1200	1231
200	2400	237.3
400	1500	148.9

Tab B3.1 Metingen testopstelling grote en kleine fresnellens

Deze test is ook gedaan met een kleine afstand tussen de twee lenzen. Om de beeldafstand nu uit te kunnen rekenen moet eerste de beeldafstand van de eerste lens worden berekend. Dit wordt gedaan in onderstaande formule.

$$b1 = \frac{1}{\frac{1}{f1} - \frac{1}{v1}} = \frac{1}{\frac{1}{0.17} - \frac{1}{0.12}} = -0.41\,m$$

Fig B3.5 Testopstelling met grote en kleine fresnellens en een afstand ertussen

Daarna wordt deze beeldafstand gebruikt om de voorwerpafstand van de tweede lens te gebruiken. Van deze voorwerpafstand moet de afstand tussen de beide lenzen worden afgetrokken.

$$b2 = \frac{1}{\frac{1}{f2} - \frac{1}{b1}} = \frac{1}{\frac{1}{0.3} - \frac{1}{-0.51}} = 0.19\,m$$

Zo wordt de beeldafstand van de tweede lens uitgerekend. Er zijn een aantal metingen gedaan met deze testopstelling. Hierbij komen de theoretische gegevens redelijk overeen met de gemeten werkelijkheid.

v (mm)	Afstand f1-f2 (mm)	b - gemeten (mm)	b - theoretisch (mm)	
130	50	500	516	13%
210	230	170	974	15%
55	270	1000	1332	6%
70	270	830	974	25%
30	370	830	880	3%

Tab B3.2 Metingen testopstelling grote en kleine fresnellens met kleine afstand

Er kan uit deze tests worden geconcludeerd dat als de v kleiner wordt, de b groter wordt en de B ook.
Ook is het zo dat als f1-f2 kleiner wordt, v groter moet worden om dezelfde b te houden.

Hierna is er een test gedaan met een loep en een fresnellens.
De loep is vlak voor de kleine fresnellens geplaatst. De brandpuntsafstanden van beide lenzen is bekend. Hiermee kan de brandpuntsafstand van het systeem worden berekend.

Fig B3.6 Testopstelling met fresnellens en loep

$$f = \frac{1}{\frac{1}{f1} + \frac{1}{f2}} = \frac{1}{\frac{1}{0.11} + \frac{1}{0.17}} = 0.66\,m$$

De brandpuntsafstand van dit systeem is dus 66 mm.

v (mm)	b - gemeten (mm)	b - theoretisch (mm)
85	180	192
80	200	372
75	250	239
70	320	1106
67	410	3781
64	540	-2298

Tab B3.3 Metingen testopstelling grote en kleine fresnellens

De gemeten waarden zijn vergeleken met de theoretische waarden. De waarden komen niet overeen, maar hoe groter de voorwerpafstand, hoe dichter de waarden bij elkaar komen.

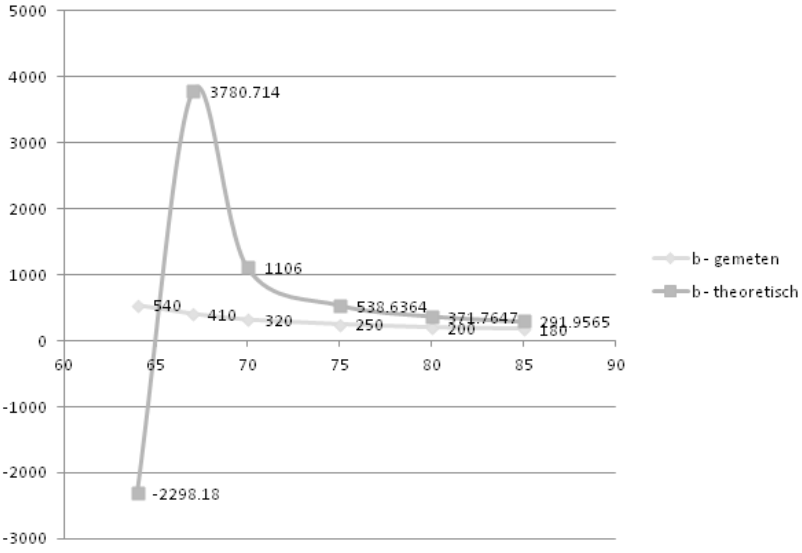


Fig B3.7 De gemeten en de theoretische waarde van de grote en kleine fresnellens

BIJLAGE 4 - VORMGEVING

De bolvormige projector

Fig B4.1 Ronde projector met de spiegels binnenin

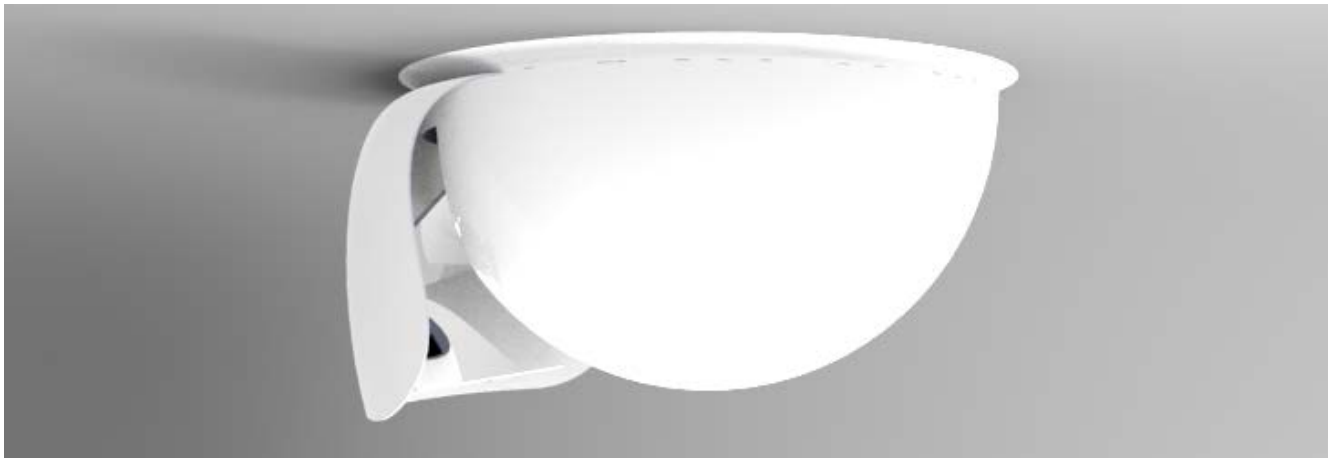


Fig B4.2 Projector hangend aan plafond

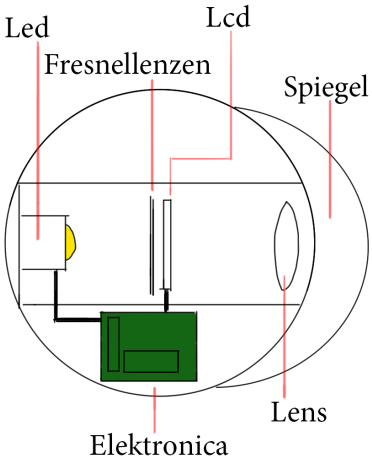


Fig B4.3 Binnenkant projector

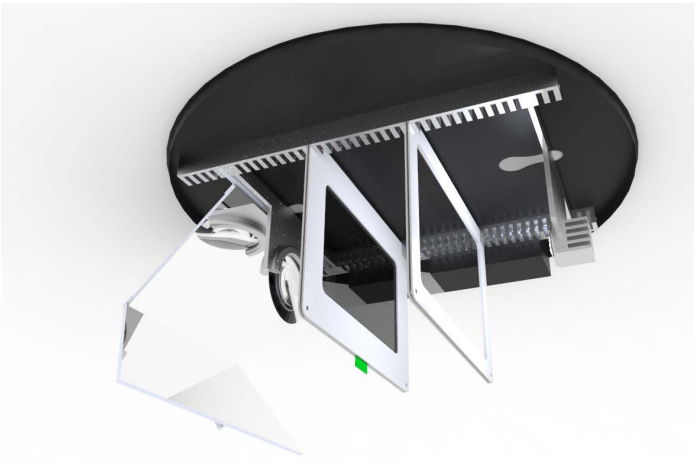


Fig B4.4 Binnenkant van de ronde projector.

De ovale projector

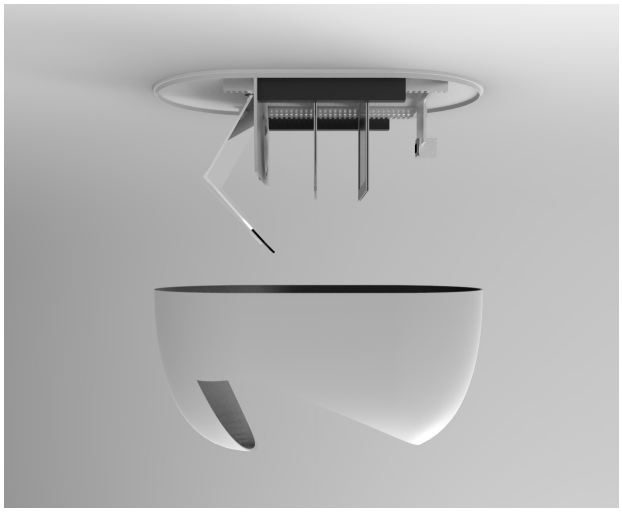


Fig B4.5 Exploded view van de ovale projector

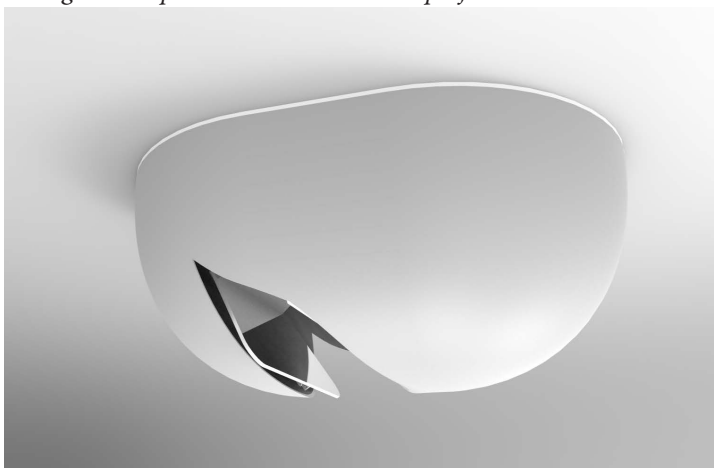


Fig B4.6 Ovale projector

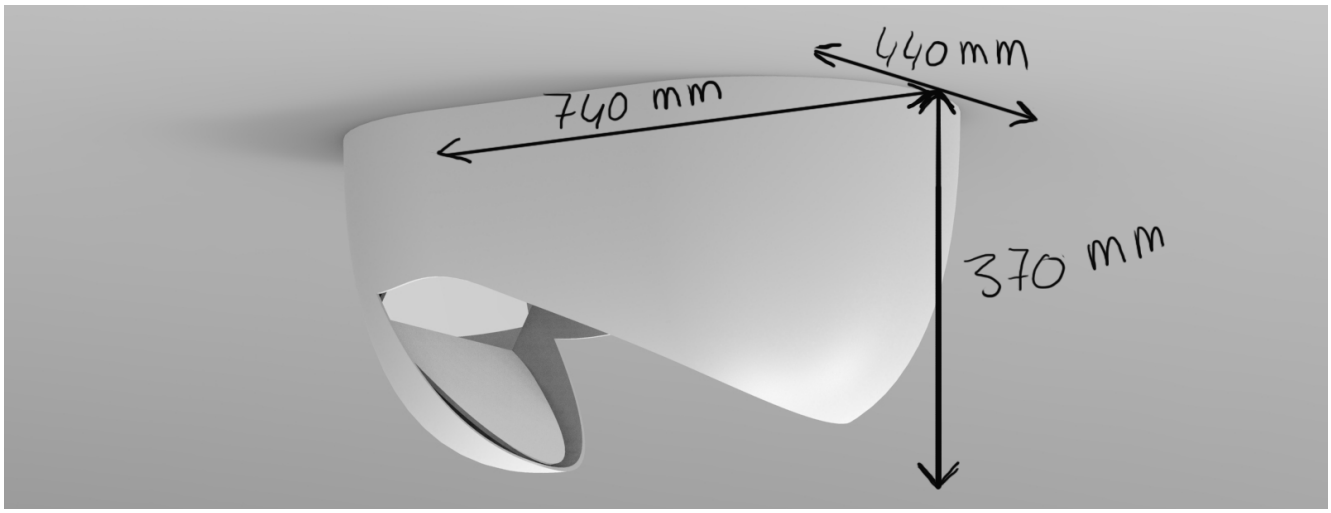


Fig B4.7 Afmetingen ovale projector

De hoekige projector

Fig B4.8 Hoekige projector

Baan van het licht

Doordat het licht van de led door meerdere lenzen en spiegels gaat, wordt de baan van het licht ingewikkeld. Deze baan is berekend en getekend en te zien in *Figuur B4.9 en B4.10*

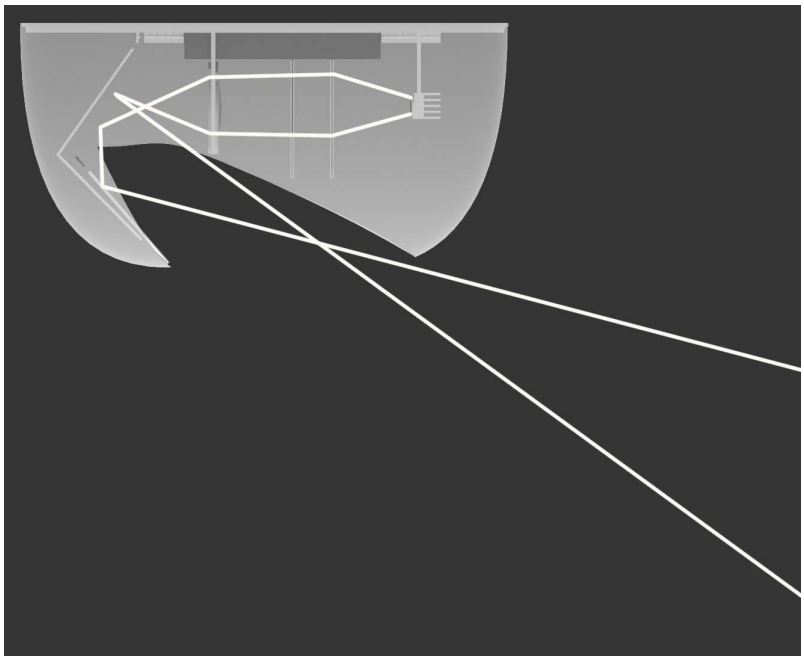


Fig B4.9 Weg van de lichtstralen

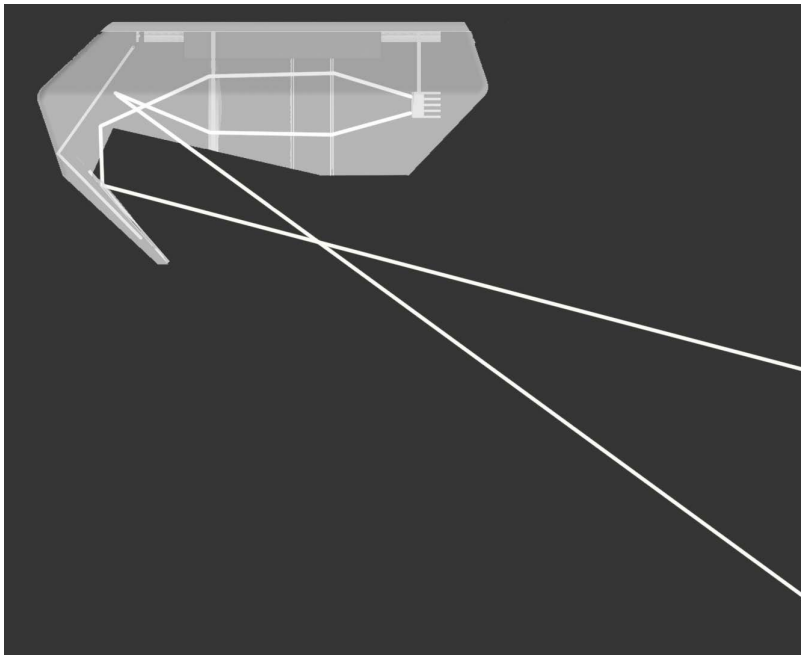


Fig B4.10 Weg van de lichtstralen

Binnenkant van de projector

In *Figuur B4.11* is de binnenkant van de projector te zien met de verschillende onderdelen.

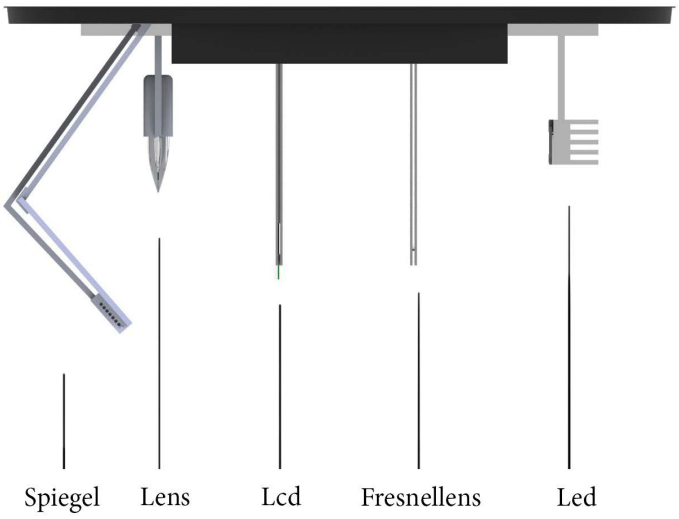


Fig B4.11 Binnenkant projector met weg van het licht

BIJLAGE 5 - BEREKENING KOSTPRIJS

KOSTPRIJS MATERIALEN

De kostprijs is berekend op basis van de kosten van de materialen en onderdelen. Deze onderdelen zijn gespecificeerd in de technische uitwerking. Er is gezocht naar passende componenten die bij deze specificaties horen. Van deze componenten is de verkoopprijs opgezocht.

In de berekeningen wordt er van uit gegaan dat de gevonden prijzen op internet een winstmarge van gemiddeld 40% hebben in de verkoopprijs, die naar de verkoper gaat. Bij de productie van de projector zullen er via een groothandel onderdelen worden ingekocht en zal deze winstmarge er dus niet zijn. In *Tabel B5.1* zijn de prijzen van de verschillende onderdelen te zien in de derde kolom. In de vierde kolom staan de prijzen, zonder de 40% winstmarge. In de laatste kolom is de totale kostprijs per onderdeel te zien. De totale kosten voor de onderdelen en materialen komt zo op € 87.64

		Prijs	**Prijs - 40%**	**Kostprijs**
1	Led	€ 8.76	€ 5.25	€ 5.25
2	Heatsink	€ 5.71	€ 3.43	€ 3.43
3	Lcd	€ 26.27	€ 15.76	€ 15.76
4	Fresnellens	€ 1.20	€ 0.72	€ 1.44
5	Lens	€ 10.45	€ 6.27	€ 6.27
6	Spiegels	€ 4.99	€ 2.99	€ 2.99
	Elektronica			
7	Adapter	€ 9.29	€ 5.57	€ 5.57
8	WLAN kaart	€ 10.32	€ 6.19	€ 6.19
9	Accu	€ 10.94	€ 6.56	€ 6.56
10	Geheugen	€ 6.50	€ 3.90	€ 3.90
11	Printplaat	€ 10.00	€ 6.00	€ 6.00
12	Rails	€ 3.77	€ 2.26	€ 2.26
13	Bevestigingsdingen rails	€ 20.00	€ 12.00	€ 12.00
14	Behuizing			€ 10.00
	Totale materiaalkosten			**€ 87.64**

Tab. B5.1 Berekening materiaalkosten

Totale kostprijs

De kostprijs van de materialen en onderdelen zijn maar een gedeelte van de totale kostprijs. In het boek "Industriële productie, Het voortbrengen van mechanische producten" *(Kals, Buiting-Csikós, van Lutterveld, Moulijn, Ponsen, & Streppel, 2009)* is er een richtlijn gegeven voor de verhouding van de verschillende kosten. Deze gegevens zijn te zien in het schema in *Figuur B5.1.*

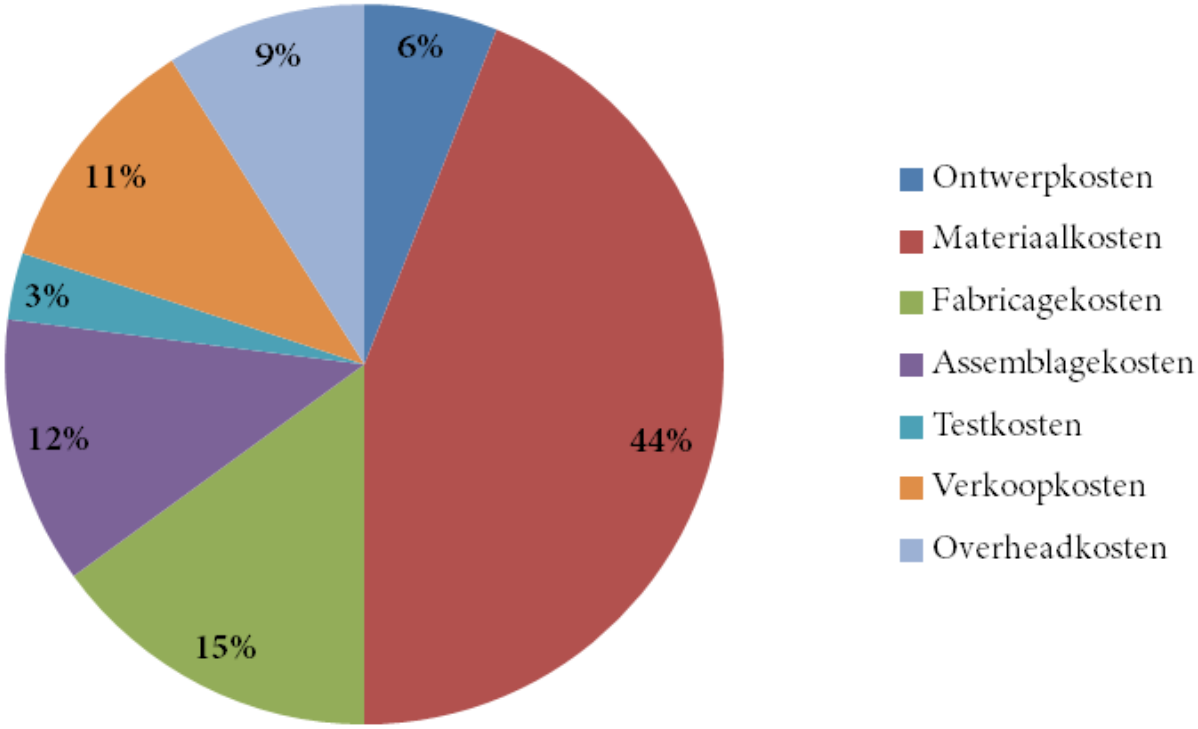


Fig B5.1 Kostprijsopbouw

Op basis van dit schema is de rest van de kosten berekend. Hierbij is er van uit gegaan dat de materiaalkosten 44% van de totale kostprijs zijn. De berekening van de rest van de kosten is te zien in *Tabel B5.2.* Uit deze berekening blijkt dat de totale kostprijs van de projector op ongeveer € 199 komt.

Ontwerpkosten	6%	€ 11.95
Materiaalkosten	**44%**	**€ 87.64**
Fabricagekosten	15%	€ 29.88
Assemblagekosten	12%	€ 23.90
Testkosten	3%	€ 5.98
Verkoopkosten	11%	€ 21.91
Overheadkosten	9%	€ 17.93
	100%	**€ 199.18**

Tab. B5.2 Berekening totale kostprijs

Bronnen van de prijzen van de onderdelen

1. High Power LED. Opgeroepen op September 2, 2014, van Ebay: http://www.ebay.com/itm/50W-50x1W-Warm-White-HIGH-POWER-LED-4500LM-2900-3100K-Light-Lamp-Bulb-32V-DIY-CN-/281269565609?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item417cf8f8a9
2. High Power LED. Opgeroepen op September 2, 2014, van Ebay: http://www.ebay.com/itm/HeatSink-for-20W-30W-High-Power-LED-Light-Cooling-Aluminum-Silver-Heatsink-/321508120415?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item4adb60975f
3. LCD Screen. Opgeroepen op September 2, 2014, van Ebay: http://www.ebay.com/itm/40Pin-800-480-GPS-Navigation-5inch-7inch-LCD-Screen-Driver-Board-2AV-VGA-/201146814698?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item2ed548d0ea
4. Fresnel Lens. Opgeroepen op September 2, 2014, van Ebay: http://www.ebay.com/itm/FRESNEL-LENS-MAGNIFIER-DIY-PROJECTOR-OVEN-COOKER-/251568558242?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item3a92a790a2
5. Lens. Opgeroepen op September 2, 2014, van Knight Optical: https://www.knightoptical.com/stock/optical-components/uvvisnir-optics/lenses/convex-lenses-commercial-grade/planoconvex-lens-commercial-grade100mmfl-x-50mmdia/
6. Spiegels. Opgeroepen op September 2, 2014, van Ebay: http://www.ebay.co.uk/itm/A3-A4-Acrylic-Silver-Mirror-Sheet-Plastic-Perspex-Plexiglass-Safety-Panels-/390796589410?pt=LH_DefaultDomain_3&var=&hash=item5afd4ab962
7. Adapter. Opgeroepen op September 2, 2014, van Conrad: http://www.conrad.nl/nl/dehner-elektronik-sys-1381-1212-w2e-euro-stekkernetvoeding-vaste-spanning-12-vdc-1000-ma-512724.html
8. Netwerkadapter. Opgeroepen op September 2, 2014, van Kieskeurig: http://www.kieskeurig.nl/netwerkadapter/product/1034165-tp-link-150mbps-wireless-pci-express-adapter/prijzen
9. Accu. Opgeroepen op September 2, 2014, van Kieskeurig: http://www.kieskeurig.nl/gsm_accu/product/2210569-samsung-accu-eb-494358-vu-bulk/prijzen
10. Geheugenkaart. Opgeroepen op September 2, 2014, van Kieskeurig: http://www.kieskeurig.nl/geheugenkaart/product/232707-kingston-microsd-hc-class-4-8-gb/prijzen
12. Aluminium profiel. Opgeroepen op September 2, 2014, van RS-online: http://nl.rs-online.com/web/p/tubing-struts/4667219/
13. Aluminium hulpstukken. Opgeroepen op September 2, 2014, van RS-online: http://nl.rs-online.com/web/p/tubing-struts/4667323/

BIJLAGE 6 - SPECIFICATIES ONDERDELEN

In deze bijlage zijn de specificaties die bekend zijn van de verschillende onderdelen te zien. Aan de hand hiervan kunnen onderdelen uitgezocht worden.

Led: Een hogehelderheidsled van 2900 lumen met ventilator.

Fresnellens: Een fresnellens met een brandpuntsafstand van 100 mm. Dit kan worden gerealiseerd door drie fresnellenzen met elk een brandpuntsafstand van 300 mm te combineren. De fresnellens moet minimaal 270 mm breed en 120 mm hoog zijn.

Lcd: Een lcd van 250 mm breed en 100 mm hoog. Dit kan eventueel ook met twee lcds van elk 125 mm breed. De lcd moet minimaal 120 pixels per inch zijn.

Lens: Een lens met een brandpuntsafstand van 100 mm. De diameter moet minimaal 100 mm zijn.

Wifi: WLAN kaart om wifi te kunnen ontvangen.

Aluminium profielen: Aluminium profielen van 20 * 20 mm om alle onderdelen op te kunnen bevestigen.

REFERENTIES

Referenties op volgorde van voorkomen.

(Taaluniversum, sd) — *Taaluniversum. (sd). Opgeroepen op Juli 1, 2014 van: Taalunieversum.org http://taalunieversum.org/algemeen/toelichting-bij-het-keurmerk-makkelijk-lezen*

(Office Buyer's guide, 2004) — *Office Buyer's guide. (2004, February). Projector Guide (04).*

(Projecting devices, sd) — *Projecting devices. (sd). Opgeroepen op Juli 1, 2014 van: Integrated publishing http://draftingmanuals.tpub.com/14064/css/14064_234.htm*

(Fresnel lens, 2014) — *Fresnel lens. (2014). Opgeroepen op Juli 1, 2014 van: Encyclopaedia Britannica http://www.britannica.com/EBchecked/topic/219816/Fresnel-lens*

(Richard C. Dorf , 1993) — *Richard C. Dorf (sd). The Electrical Engineering Handbook, CRC Press, Boca Raton, 1993, pagina 1770*

(Tolidas, sd) — *Tolias, L. K. (sd.). Opgeroepen op Mei 30, 2014, van LeonidasTolias: http://www.leonidastolias.com/Site/Pocket_Projector.html*

(De laser projector, sd) — *De laser projector. (sd). Opgeroepen op April 15, 2014, van Wetenschap Online: http://wetenschap_online.tripod.com/laser_projector/*

(Alpha-Numeric Laser Projector, 2013) — *Alpha-Numeric Laser Projector. (2013, December 4). Opgeroepen op April 15, 2014, van Portable Laser Projector: http://portablelaserprojector.blogspot.nl/*

(Emck, 2011) — *Emck, D. (2011). Wat kost een koelkast per jaar? Opgeroepen op Juli 24, 2014 van Greenem: http://www.greenem.nl/columns/2012/01/864/wat-kost-een-koelkast-per-jaar*

(U.S. Patent No. 4787722, 1988) — *Claytor, R. N. (1988). U.S. Patent No. 4787722. Arlington, Texas:U.S. Patent and Trademark Office*

(Kingbright SMD-LED, sd) — *Kingbright SMD-LED. (sd). Opgeroepen op Juli 3, 2014, van Conrad: http://www.conrad.nl/ce/nl/product/1050391/Kingbright-KPHCM-2012QBC-D-SMD-LED-0805-Blauw-100-mcd-110-20-mA-33-V/?ref=detview1&rt=detview1&rb=1*

(Fresnel lens magnifier, sd) — *Fresnel lens magnifier. (sd). Opgeroepen op Juli 3, 2014, van ebay: http://www.ebay.com/itm/FRESNEL-LENS-MAGNIFIER-DIY-PROJECTOR-OVEN-COOKER-/251568558242?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item3a92a790a2*

(Nokia N71 Onderdelen, sd) — *Nokia N71 Onderdelen. (sd). Opgeroepen op Juli 3, 2014, van MyTrendyPhone: http://www.mytrendyphone.nl/shop/nokia-n71-onderdelen-11138c1.html*

(High Power LEDs, sd) — *High Power LEDs. (sd). Opgeroepen op Juli 3, 2014, van Conrad: http://www.conrad.nl/ce/nl/overview/0212357/HighPower-LEDs?filterLichtstroom+%28%3F%29~~lm=900*

(Sugimoto, 2004) — *Sugimoto, A. , (2004). Flexible OLED displays using plastic substrates. The IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics. 10 (1), pp.107-114*

(Servomotor, sd) — *Servomotor. (sd). Opgeroepen op Juli 3, 2014, van Conrad: http://www.conrad.nl/ce/nl/product/198621/42mm-servomotor-08-tot-15A?ref=list*

(Difrnce Mp4-speler, sd) — *Difrnce Mp4-speler. (sd). Opgeroepen op Juli 3, 2014, van Kijkshop: http://www.kijkshop.nl/product/141988/difrnce-mp4-speler-mp1851/*

(Fresnel lens, sd) — *Fresnel lens. (sd). Opgeroepen op Juli 3, 2014, van ebay: http://www.ebay.com/sch/i.html?_sacat=0&_from=R40&_nkw=fresnel+lens&_nkwusc=fresnellens&_rdc=1*

(Horton, 2008) — *Horton, J. (2008, Mei 19). How Wireless Internet Cards Work. Opgeroepen op Juli 18, 2014 van HowStuffWorks.com: http://computer.howstuffworks.com/wireless-internet-card.htm*

(High Power LED, sd) — *High Power LED. (sd). Opgeroepen op September 1, 2014, van ebay: http://www.ebay.com/itm/10C45QM-DC-32-34V-1000mA-2600-2900LM-30W-High-Power-Watt-Warm-Light-LED-Emitter-/231314299317?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item35db6819b5*

(Veitl, 2010) — *Veitl, A. (2010, Februari 23). Ceramic Heat Dissipation. Opgeroepen op Juli 10, 2014, van Electronic Design: http://electronicdesign.com/print/lighting/ceramic-heat-dissipation-less-more Ceramic Heat Dissipation—Less Is More*

(Rodriguez, 2013) — *Rodriguez, E. (2013, Oktober 17). Cooling high-power LEDs: The four myths about active vs. passive methods. Opgeroepen op Juli 21, 2014 van EDN: http://www.edn.com/electronics-blogs/led-insights/4422914/Cooling-high-power-LEDs--The-four-myths-about-active-vs--passive-methods*

(Duree, 2011) — *Duree, G. (2011). Optics For Dummies. 1st ed. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc..*

(Shamieh & McComb, 2010) — *Shamieh, C; McComb, G. (2010). Elektronica voor dummies. 2nd ed. Indianapolis,*

Indiana: Wiley Publishing, Inc..

(Serial EEPROM geheugen, sd)
Serial EEPROM geheugen. (sd). Opgeroepen op Juli 22, 2014 van Bits and Parts: http://www.bitsandparts.eu/showarticles_info/000224LC256-I_PG/1-4-19/IC_24LC256_Serial_EEPROM_geheugen_256KB_-_32Kb_I2C.html

(Kals, Buiting-Csikós, van Lutterveld, Moulijn, Ponsen, & Streppel, 2009)
Kals, H., Buiting-Csikós, C., van Lutterveld, C., Moulijn, K., Ponsen, J., & Streppel, A. (2009). Industriële productie. Het voortbrengen van mechanische producten. Den Haag: Sdu Uitgevers bv.

(Lichtopbrengst en (ANSI) lumen, sd)
Lichtopbrengst en (ANSI) lumen. (sd). Opgeroepen op September 10, 2014, van Flash Gorillaz, Professionele ledzaklampen: http://www.flashgorillaz.nl/lumen.html

(Print fabric with light, 2014)
Print fabric with light. (sd). Opgeroepen op April 15, 2014, van Lumi: http://lumi.co/

(Claude, 1913)
Claude, G. (1913, November). "The Development of Neon Tubes". The Engineering Magazine: 271–274.

(Bylander, 1979)
Bylander, E.G. (1979). Electronic Displays, New York: McGraw Hill.

(Make your own home video projector, 2007)
Make your own home video projector. (2007, September 13). Opgeroepen op April 15, 2014, van YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=b7lWqKHpGuc

(Build a Cheapo Photo Projector Using a Phone, Shoebox, and Magnifying Glass, 2013)
Build a Cheapo Photo Projector Using a Phone, Shoebox, and Magnifying Glass. (2013, Februari 2). Opgeroepen op April 15, 2014, van PetaPixel: http://petapixel.com/2013/02/02/build-a-cheapo-photo-projector-using-a-phone-shoebox-and-magnifying-glass/

(4k-ultra-short-throw, sd)
4k-ultra-short-throw. (sd). Opgeroepen op April 15, 2014, van Sony: http://www.sony.net/Products/4k-ultra-short-throw/

(Precision Promotional Laser Pointers, sd)
Precision Promotional Laser Pointers. (sd). Opgeroepen op April 15, 2014, van AD-Lasers: http://www.viecoballoons.com/Ad-Lasers-MoreInfo.htm

(De laser projector, sd)
De laser projector. (sd). Opgeroepen op April 15, 2014, van Wetenschap Online: http://wetenschap_online.tripod.com/laser_projector/

(Alpha-Numeric Laser Projector, 2013, December 4)
Alpha-Numeric Laser Projector. (2013, December 4). Opgeroepen op April 15, 2014, van Portable Laser Projector: http://portablelaserprojector.blogspot.nl/

(van Hoek, 2012)
Van Hoek, C. (2012, April 26). Opgeroepen op April 15, 2014, van Nu.nl: http://www.nu.nl/gadgets/2796094/microsoft-focust-schermen-van-toekomst.html

(Canal de SensaaInteractive, 2011)
Canal de SensaaInteractive. (2011, Februari 7). Laser Graffiti - Reel. Opgeroepen op April 15, 2014, van YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=xHa8gMaYpog

(Watson, 2010)
Watson, T. (2010). Meet Projector. Opgeroepen op April 15, 2014, van Vimeo: http://vimeo.com/8617601

(Interactive Typographic Installation, sd)
Interactive Typographic Installation. (sd). Opgeroepen op April 16, 2014, van Nota Bene Visual: http://notabenevisual.com/interactive-typographic-installation/

(Your Text Here, 2012)
Your Text Here. (2012, November 12). Opgeroepen op April 16, 2014, van Designboom: http://www.designboom.com/readers/your-text-here-marcos-zotes-unstable-2/#Een

(Installation Stockholm, sd)
Installation Stockholm. (sd). Opgeroepen op April 16, 2014, van Karina Siegmund: http://www.karinasiegmund.com/stockholm.htm

(The Cyrillic Projector, sd)
The Cyrillic Projector. (sd). Opgeroepen op April 16, 2014, van Jim Sanborn: http://elonka.us/kryptos/sanborn/jimsanborn.net/

(Light Projection, sd)
Licht Projection. (sd). Opgeroepen op April 16, 2014, van Art Tattler: http://arttattler.com/Images/NorthAmerica/Massachusetts/North%20Adams/Holzer/holzer_projections14.jpg

(Monument, 2008)
Monument. (2008). Opgeroepen op April 16, 2014, van Art Tattler: http://arttattler.com/archivejennyholzer.html

(Shamieh & McComb, 2010)
Shamieh, C; McComb, G. (2010). Elektronica voor dummies. 2nd ed. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc..

(Luminus products Datasheet, 2009)
Luminus Products CST-90 Series Datasheet. (2009). Luminus Devices, Inc. Opgeroepen op October 25, 2009.

(Dr, 2011)
Dr, J. (2011, Mei 5). Soorten verlichting: Gloeilamp, spaarlamp of LED verlichting. Opgeroepen op Juli 7, 2014, van InfoNu.nl: http://huis-en-tuin.infonu.nl/diversen/72254-soorten-verlichting-gloeilamp-spaarlamp-of-led-verlichting.html

(Dijksterhuis, 2003)
Dijksterhuis, R. (2003, April 12). De chemie van een halogeenlamp. Opgeroepen op Juli 7, 2014, van Chemisch2Weekblad: http://www.c2w.nl/de-chemie-van-een-halogeenlamp.74216.lynkx

(Energiezuinige lampen op een rij, sd)
Energiezuinige lampen op een rij. (sd.). Opgeroepen op Juli 24, 2014, van Milieu Centraal: http://www.milieucentraal.nl/thema's/thema-1/energie-besparen/energiezuinig-verlichten/energiezuinige-lampen-op-een-rij/

(HID-lighting-technology fundamentals, 2010)	*HID-lighting-technology fundamentals. (2010, Oktober 21). Opgeroepen op Juli 7, 2014, van EDN Network: http://www.edn.com/design/power-management/4363767/HID-lighting-technology-fundamentals*
(Emck, 2011)	*Emck, D. (2011). Wat kost een koelkast per jaar? Opgeroepen op Juli 24, 2014 van Greenem: http://www.greenem.nl/columns/2012/01/864/wat-kost-een-koelkast-per-jaar*
(Shamieh & McComb, 2010)	*Shamieh, C; McComb, G. (2010). Elektronica voor dummies. 2nd ed. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc..*
(Matuszczyk, 2000)	*Matuszczyk, M. (2000). Liquid Crystals in Displays. Chalmers University Sweden.*
(Baker, 2013)	*Baker, S. (2013, December 10). TN Film, MVA, PVA and IPS - Panel Technologies. Opgeroepen op Juli 10, 2014, van TFT Central: http://www.tftcentral.co.uk/articles/panel_technologies.htm*
(Duree, 2011)	*Duree, G. (2011). Optics For Dummies. 1st ed. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc..*
(U.S. Patent No. 4787722, 1988)	*Claytor, R. N. (1988). U.S. Patent No. 4787722. Arlington, Texas:U.S. Patent and Trademark Office*
(DIY Projector Theory, sd)	*DIY Projector Theory. (sd). Opgeroepen op Juli 7, 2014, van PJOZ: http://pjoz.com/index.php?main_page=diyprojectortheory*
(Kals, Buiting-Csikós, van Lutterveld, Moulijn, Ponsen, & Streppel, 2009)	*Kals, H., Buiting-Csikós, C., van Lutterveld, C., Moulijn, K., Ponsen, J., & Streppel, A. (2009). Industriële productie. Het voortbrengen van mechanische producten. Den Haag: Sdu Uitgevers bv.*

REFERENTIES AFBEELDINGEN

Fig 2.1.1 Schrijvende letters 1	*Gemaakt door Melle Koot*
Fig 2.1.2 Schrijvende letters 2	*Gemaakt door Melle Koot*
Fig 2.2.1 Tabel met lichtstroom en afmetingen scherm	*Office Buyer's guide. (2004, February). Projector Guide (04).*
Fig 2.2.2 Short throw projector	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 22-05-2014*
Fig 2.2.3 Short throw projector vs ceiling projector	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 22-05-2014*
Fig 2.2.4 Fisheye lens	*Afkomstig van: http://fstoppers.com/gear/gear-vintage-nikon-fisheye-lens-sale-160000-5186 Opgeroepen op: 02-06-2014*
Fig 2.3.1 Lasershowprojector	*Afkomstig van: http://www.viecoballoons.com/graphics/showcube.gif Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig 2.3.2 Zelfgemaakte overhead-videoprojector	*Afkomstig van: https://www.youtube.com/watch?v=b7lWqKHpGuc Date retrieved: 16-04-2014*
Fig 2.3.3 Schema overheadprojector	*Afkomstig van: http://educatie-en-school.infonu.nl/diversen/96932-de-overheadprojector-werkt-dat-nog.html Opgeroepen op: 02-06-2014*
Fig 2.3.4 Gewone overheadprojector	*Afkomstig van: http://hackedpotatoes.com/2012/02/overhead-to-lcd-video-projector-conversion/ Opgeroepen op: 30-05-2014*
Fig 2.3.5 Projectie	*Afkomstig van: http://hackedpotatoes.com/2012/02/overhead-to-lcd-video-projector-conversion/ Opgeroepen op: 30-05-2014*
Fig 2.3.6 Monitor met lcd scherm	*Afkomstig van: http://hackedpotatoes.com/2012/02/overhead-to-lcd-video-projector-conversion/ Opgeroepen op: 30-05-2014*
Fig 2.3.7 Overheadprojector met lcd scherm	*Afkomstig van: http://hackedpotatoes.com/2012/02/overhead-to-lcd-video-projector-conversion/ Opgeroepen op: 30-05-2014*
Fig 2.3.8 Led projectie wekker	*Afkomstig van: http://www.textmagazine.nl/wp-content/uploads/2012/11/mtlogic-wekkerradio-aldi-projectie.jpg Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig 2.3.9 Wekker met projector	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 28-05-2014*
Fig 2.3.10 Projector gedeelte	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 03-06-2014*
Fig 2.3.11 Projectie van de wekker	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 03-06-2014*
Fig 2.3.12 Projector gedeelte	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 28-05-2014*
Fig 2.3.13 Schermpje waar licht door schijnt	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 03-06-2014*
Fig 2.3.14 Verschillende segment typen	*Afkomstig van: http://calitexaco.files.wordpress.com/2013/04/1131fig01.gif Opgeroepen op: 01-07-2014*
Fig 2.3.15 Voorkant schermpje	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 03-06-2014*
Fig 2.3.16 Achterkant schermpje	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 03-06-2014*
Fig 2.3.17 Zelfgemaakte projector	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 28-05-2014*
Fig 2.3.18 Projector met sheet	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 28-05-2014*
Fig 2.3.19 Projector in tinnen doosje	*Afkomstig van: http://www.leonidastolias.com/Site/Pocket_Projector.html Opgeroepen op: 30-05-2014*
Fig 2.3.20 Zelfgemaakte laserprojector	*Afkomstig van: http://wetenschap_online.tripod.com/laser_projector/ Opgeroepen*

	op: 16-04-2014
Fig 2.3.21 Werking laserprojector 1	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 22-04-2014*
Fig 2.3.22 Carrousel laser projector	*Afkomstig van: http://codinglab.blogspot.nl/2010/09/diy-laser-projector.html Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig 2.3.23 Projectie laserprojector 2	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 22-04-2014*
Fig 2.3.24 Werking laserprojector 2	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 03-07-2014*
Fig 2.3.25 Projectie laserprojector 2	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 03-07-2014*
Fig 2.3.26 Lampen met letters	*Afkomstig van: http://www.designsponge.com/2009/02/perch-letter-lights.html Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig 2.3.27 Letter carrousel	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 03-06-2014*
Fig 2.3.28 Drie onderdelen	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 03-06-2014*
Fig 2.3.29 Morfologisch schema	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 06-06-2014*
Fig 2.4.1 Hogehelderheidsled	*Afkomstig van: http://www.conrad.nl/ce/nl/product/180046/Everlight-Opto-EHP-AX08LSUT01-P01-HighPower-LED-Wit-1-W-52-lm-130-415-V-350-mA Opgeroepen op: 02-06-2014*
Fig 2.4.2 Gloeilamp	*Afkomstig van: http://www.snoerboer.nl/heldere-gloeilamp-150w.html Opgeroepen op: 26-06-2014*
Fig 2.4.3 Principe fresnellens	*Afkomstig van: http://nl.wikipedia.org/wiki/Fresnellens#mediaviewer/Bestand:Fresnel-lens.svg Opgeroepen op: 02-06-2014*
Fig 3.1.1 Morfologisch schema	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 06-06-2014*
Fig 3.1.2 Concept 1 volgens morfologisch schema	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 06-06-2014*
Fig 3.1.3 Paneel met gaten	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 12-06-2014*
Fig 3.1.4 Afmetingen en opbouw concept 1	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 16-06-2014*
Fig 3.1.5 Verschillende lettertypen	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 16-06-2014*
Fig 3.1.6 Paneel met afgeplakte gaten	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 11-06-2014*
Fig 3.1.7 Testopstelling met paneel	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 10-06-2014*
Fig 3.1.8 Resultaat met paneel	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 10-06-2014*
Fig 3.1.9 Concept 2 volgens morfologisch schema	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 06-06-2014*
Fig 3.1.10 Opbouw concept 2	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 10-06-2014*
Fig 3.1.11 Opbouw concept 2 rondom projecteren	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 03-07-2014*
Fig 3.1.12 Lcd	*Afkomstig van: http://www.conrad.nl/medias/global/ce/1000_1999/1800/1830/1830/183045_BB_00_FB.EPS_1000.jpg Opgeroepen op: 02-06-2014*
Fig 3.1.13 Hogehelderheidsled	*Afkomstig van: http://www.conrad.nl/ce/nl/product/180046/Everlight-Opto-EHP-AX08LSUT01-P01-HighPower-LED-Wit-1-W-52-lm-130-415-V-350-mA Opgeroepen op: 02-06-2014*
Fig 3.1.14 Projector van de wekker	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 03-06-2014*
Fig 3.1.15 Projectie van de projector van de wekker	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 28-05-2014*
Fig 3.1.16 Binnenkant projector van de wekker	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 03-06-2014*
Fig 3.1.17 Concept 3 volgens morfologisch schema	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 06-06-2014*
Fig 3.1.18 Opbouw concept 3	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 10-06-2014*
Fig 3.1.19 Testopstelling één	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 09-07-2014*
Fig 3.1.20 Resultaat test één	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 10-06-2014*
Fig 3.1.21 Voorbeeld vervorming	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 07-07-2014*
Fig 3.1.22 Correctie van vervorming	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 07-07-2014*
Fig 3.1.23 Testopstelling twee	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 17-06-2014*
Fig 3.1.24 Lichtbanen met gebogen fresnellens	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 17-06-2014*
Fig 3.1.25 Resultaat van test twee	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 17-06-2014*
Fig 3.1.26 Buigbaar Oled scherm	*Afkomstig van: http://www.scientias.nl/eerste-rekbare-oled-is-een-feit/45661 Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig 3.1.27 Rondom projecteren	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 13-06-2014*
Fig 3.1.28 Concept 4 volgens morfologisch schema	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 06-06-2014*
Fig 3.1.29 Schijf met letters	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 07-07-2014*
Fig 3.1.30 Carrousels met tandwielen	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 06-06-2014*
Fig 3.1.31 Carrousels met lenzen	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 16-06-2014*
Fig 3.1.32 Opbouw concept 4	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 16-06-2014*
Fig 3.1.33 Testopstelling	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 17-06-2014*
Fig 3.1.34 Resultaat bij grote afstand	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 17-06-2014*
Fig 3.1.35 Resultaat bij kleine afstand	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 17-06-2014*
Fig 3.1.36 Concept 5 volgens morfologisch schema	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 06-06-2014*
Fig 3.1.37 Afmetingen concept 5	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 10-06-2014*
Fig 3.1.38 Werking concept 5	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 07-07-2014*
Fig 3.1.39 Test met smartphone en loep	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 03-06-2014*
Fig 3.1.40 Test met laptop en fresnellens	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 10-06-2014*
Fig 3.1.41 Resultaat test met laptop	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 10-06-2014*
Fig 3.1.42 Test met smartphone en fresnellens	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 10-06-2014*
Fig 3.1.43 Resultaat test met smartphone	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 10-06-2014*
Fig 4.1 Werking van de projector	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 10-06-2014*

Fig 4.2.1 Projector met subgroepen en componenten	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 20-06-2014*
Fig 4.2.2 Hogehelderheidsled	*Afkomstig van: http://www.ovicart.com/30w-warm-white-led Opgeroepen op: 12-07-2014*
Fig 4.2.3 Koeling hogehelderheidsled	*Afkomstig van: http://electronicdesign.com/site-files/electronicdesign.com/files/archive/electronicdesign.com/content/14978/59699_fig_01.gif Opgeroepen op: 12-07-2014*
Fig 4.2.4 Led met koeling	*Afkomstig van: http://m.eet.com/media/1200871/cooling_high_power_LEDs_fig2.jpg Opgeroepen op: 12-07-2014*
Fig 4.2.5 Resultaat fresnellens	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 28-07-2014*
Fig 4.2.6 Beeld op lcd	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 28-07-2014*
Fig 4.2.7 Beeld op muur	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 28-07-2014*
Fig 4.2.8 Short throw	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 19-06-2014*
Fig 4.2.9 Projector met spiegel	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 19-06-2014*
Fig 4.2.10 Chip	*Afkomstig van: http://www.ictradenet.com/models_pic/726-100-LQFP.jpg Opgeroepen op: 22-07-2014*
Fig 4.2.11 Componenten en connecties	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 22-07-2014*
Fig 4.2.12 Elektronica op printplaat	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 22-07-2014*
Fig 4.2.13 Aluminium profielen	*Afkomstig van: http://dc-corp.resource.bosch.com/media/general_use/products/assembly_technology/basic_mechanical_elements/images_2/CI_Basic_Mechanical_Elements_001_w734.jpg Opgeroepen op: 02-09-2014*
Fig 4.2.14 Optische bank	*Afkomstig van: http://www.scientificsonline.com/media/catalog/product/cache/2/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/3/1/311200.jpg Opgeroepen op: 02-09-2014*
Fig 4.2.15 Samengevoegde onderdelen	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 04-09-2014*
Fig 4.3.1 Projector die vier kanten op projecteert	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 24-06-2014*
Fig 4.3.2 Losse projectors in een ruimte	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 24-06-2014*
Fig 4.3.3 Plaatsing onderdelen in projector	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 04-09-2014*
Fig 4.3.4 Schetsen voor projector met organische vorm	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 02-09-2014*
Fig 4.3.5 Schetsen voor projector met hoekige vorm	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 02-09-2014*
Fig 4.3.6 Bolvormige projector	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 30-06-2014*
Fig 4.3.7 Bol met klep	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 03-09-2014*
Fig 4.3.8 Ovaal vormige projector	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 23-07-2014*
Fig 4.3.9 Tekening ovaal vormige projector	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 23-07-2014*
Fig 4.3.10 Hoekige projector	*Tekening gemaakt door Marit Colijn op 03-09-2014*
Fig 4.3.11 Hoekige projector	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 04-09-2014*
Fig 4.3.12 Afmetingen hoekige projector	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 04-09-2014*
Fig 4.3.13 Dichtgeklapte projector	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 13-09-2014*
Fig 4.3.14 Projector met projectie	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 13-09-2014*
Fig 4.4.1 Kostprijsopbouw van een product	*Kals, H., Buiting-Csikós, C., van Lutterveld, C., Moulijn, K., Ponsen, J., & Streppel, A. (2009). Industriële productie. Het voortbrengen van mechanische producten. Den Haag: Sdu Uitgevers bv.*
Fig 4.5.1 Halogeenlamp	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 16-07-2014*
Fig 4.5.2 Mobiele telefoon met los scherm	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 28-06-2014*
Fig 4.5.3 Mobiele telefoon in prototype	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 16-07-2014*
Fig 4.5.4 Vergrootglas in prototype	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 16-07-2014*
Fig 4.5.5 Fresnellenzen in prototype	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 16-07-2014*
Fig 4.5.6 Prototype van de bovenkant	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 16-07-2014*
Fig 4.5.7 Prototype met deksel	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 16-07-2014*
Fig 4.5.8 Projectie van prototype	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 21-07-2014*
Fig 4.5.9 Projector met twee lampen	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 31-07-2014*
Fig 4.5.10 Binnenkant projector met twee lampen	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 31-07-2014*
Fig 4.5.11 Projector met aluminiumfolie	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 31-07-2014*
Fig 4.5.12 Experiment met laserpointer	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 31-07-2014*
Fig 4.5.13 Experiment met laserpointer	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 31-07-2014*
Fig 4.5.14 Grotere afstand tussen fresnellens en lcd	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 25-07-2014*
Fig 4.5.15 Kleinere afstand tussen fresnellens en lcd	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 25-07-2014*
Fig B1.1 Whiteboard	*Afkomstig van: http://www.whiteboarddeal.nl/product/whiteboard-120x240cm-business/id/1899 Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.2 Whiteboardverf	*Afkomstig van: http://cdn.shopify.com/s/files/1/0148/8783/products/work_gallery7_grande.jpg?v=1362686007 Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.3 Transparante whiteboardverf	*Afkomstig van: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0278/4849/files/wooden_whiteboard_with_clear_paint_large.jpg?64 Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.4 Interactief Whiteboard	*Afkomstig van: http://static2.shop033.com/resources/49/6217/picture/35/27893557.jpg Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.5 Schoolbord	*Afkomstig van: http://historiek.net/wp-content/uploads-phistor1/2012/12/1813-schoolbord.jpg Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.6 Schoolbordverf	*Afkomstig van: http://stijlidee.files.wordpress.com/2013/11/dsc_0057.jpg*

	Opgeroepen op: 15-04-2014
Fig B1.7 Oled-scherm	*Afkomstig van: http://www.scientias.nl/eerste-rekbare-oled-is-een-feit/45661 Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.8 Led bord	*Afkomstig van: http://cnledye.blogspot.nl/2012_11_01_archive.html Opgeroepen op: 05-06-2014*
Fig B1.9 Programmeerbare leds	*Afkomstig van: http://www.conrad.nl/ce/nl/product/066204/Kit-mini-lichtkrant-Velleman-MK124 Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.10 Lichtkrant	*Afkomstig van: http://www.discowebshop.nl/skytronic-progra-mmeerbare-lichtkrant-67cm-3-kleure.html Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.11 Gezicht van luminous paint met laser	*Afkomstig van: https://www.youtube.com/watch?v=CKL3EjYnMGY Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.12 Schilderij van luminous paint	*Afkomstig van: https://www.youtube.com/watch?v=CKL3EjYnMGY Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.13 Inkodye	*Afkomstig van: http://lumi.co/ Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.14 Neonstaafjes	*Afkomstig van: http://nl.aliexpress.com/w/wholesale-neon-flexible-lights.html Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.15 Kunst met Neon1	*Afkomstig van: http://www.kaltblut-magazine.com/aporia-by-lee-jung/ Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.16 Kunst met Neon2	*Afkomstig van: http://computerchristmas.com/tmp/myimages/hillr-gba-night.jpg Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.17 Nixie cijfers	*Afkomstig van: http://www.techmoan.com/blog/2010/3/16/nixie-clocks-and-the-nixie-watch.html Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.18 Led cooling fan	*Afkomstig van: http://img.dxcdn.com/productimages/sku_17850_1.jpg Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.19 Houten letters	*Afkomstig van: http://bankassociates.de/index.php?lang=en Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.20 Lamp met letters	*Afkomstig van: http://www.designsponge.com/2009/02/perch-letter-lights.html Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.21 Één buis vormt alle letters van het alphabet	*Afkomstig van: http://www.sharesomecandy.com/41-creative-and-unique-alphabe-charts.html Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.22 Letters van lichtgevende buizen	*Afkomstig van: http://www.chictip.com/materials/neon-art-neon-letters-numbers-and-shapes-from-seletti Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.23 Lichtgevende letters1	*Afkomstig van: https://optivasigns.com/media-resources Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.24 Lichtgevende letters2	*Afkomstig van: http://www.sign-holders.co.uk/LED-signs/c-1-185/ Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.25 Puzzelletters	*Afkomstig van: http://www.digitalsignageconnection.com/optiva-signs-launches-spellbrite-led-system-retail-928 Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.26 Overheadprojector	*Afkomstig van: http://patentimages.storage.googleapis.com/EP0692103B1/imgf0001.png Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.27 Zelfgemaakte overhead-videoprojector	*Afkomstig van: https://www.youtube.com/watch?v=b7lWqKHpGuc Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.28 Diaprojector	*Afkomstig van: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/Diaprojektor_offen_IMGP1009.jpg Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.29 Zelfgemaakte projector met iPhone	*Afkomstig van: http://www.petapixel.com/assets/uploads/2013/02/cover_1000.jpg Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.30 LG MiniBeam	*Afkomstig van: http://www.lg.com/ae/projectors/Minibeam/index.m Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.31 Philips PixoPix zakprojector	*Afkomstig van: http://www.philips.nl/c-p/PPX2480_EU/picopix-zakprojector/overzicht Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.32 Beeld van de LG Mini beamer	*Afkomstig van: https://www.youtube.com/watch?v=T7XzyZB6WEM Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.33 Short throw projector	*Afkomstig van: http://www.spodesabode.com/discussion/452/ultra-short-throw-projectors-dell-s500wi/ Opgeroepen op: 03-06-2014*
Fig B1.34 Dome projector met bolle spiegel	*Afkomstig van: http://www.discoverydome.com/projectors.php Opgeroepen op: 04-06-2014*
Fig B1.35 Fisheye lens	*Afkomstig van: http://www.aliexpress.com/item/Perfect-Planetarium-solutions-by-VIVIBRIGHT-Large-venue-projector-and-professional-Projector-fisheye-lens/868455611.html Opgeroepen op: 04-06-2014*
Fig B1.36 Twee verschillende soorten projectie in een koepel	*Afkomstig van: http://www.domerama.com/general/geodesic-dome-projection/ Opgeroepen op: 04-06-2014*
Fig B1.37 Led projectie wekker	*Afkomstig van: http://www.textmagazine.nl/wp-content/uploads/2012/11/mtlogic-wekkerradio-aldi-projectie.jpg Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.38 Sony Laserprojector	*Afkomstig van: http://www.sony.net/Products/4k-ultra-short-throw/ Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.39 Projectie lasershow projector	*Afkomstig van: http://laserverkoop.nl/laserverkoop/wp-content/uploads/2014/01/oligo_back_active_1 Opgeroepen op: 16-04-2014*

Fig B1.40 Lasershow projector	*Afkomstig van: http://www.viecoballoons.com/graphics/showcube.gif Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.41 Tekst projectie lasershow projector	*Afkomstig van: http://www.youtube.com/watch?v=FkIOMIXoP9Y Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.42 Zelfgemaakte laserprojector1	*Afkomstig van: http://wetenschap_online.tripod.com/laser_projector/ Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.43 Zelfgemaakte laserprojector2	*Afkomstig van: http://wetenschap_online.tripod.com/laser_projector/ Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.44 Projectie zelfgemaakte laserprojector	*Afkomstig van: https://www.youtube.com/watch?v=KgPyR0Rg3FQ Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.45 Projectie proffesionele laserprojector	*Afkomstig van: https://www.youtube.com/watch?v=yEG68O6jpjo Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.46 Zelfgemaakte carrousel laser projector	*Afkomstig van: http://codinglab.blogspot.nl/2010/09/diy-laser-projector.html Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.47 Projectie carrousel laserprojector	*Afkomstig van: http://www.youtube.com/watch?v=vvbzIy2U1J0 Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.48 "Home of the Future"	*Afkomstig van: http://media.nu.nl/m/m1fzb8uaq41j.jpg Opgeroepen op: 15-04-2014*
Fig B1.49 Laser graffiti	*Afkomstig van: https://www.youtube.com/watch?v=xHa8gMaYpog Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.50 Laser graffiti met iPhone	*Afkomstig van: http://vimeo.com/8617601 Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.51 'Hologram' van dansend poppetje	*Afkomstig van: https://www.youtube.com/watch?v=7pFughmGHJc Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.52 Uitleg 'hologram' van Tupac	*Afkomstig van: http://community.digitalmediaacademy.org/16726-how-did-they-create-the-tupac-hologram Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.53 Holographic foil	*Afkomstig van: http://smartidea.en.alibaba.com/product/ Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.54 Uitleg holographic foil	*Afkomstig van: http://smartidea.en.alibaba.com/product/854202142-218539903/ Opgeroepen op: 16-04-2014*
Fig B1.55 Interactive typografic installation	*Afkomstig van: http://notabenevisual.com/interactive-typographic-installation/ Opgeroepen op: 22-04-2014*
Fig B1.56 Your text here	*Afkomstig van: http://www.designboom.com/readers/your-text-here-marcos-zotes-unstable-2/ Opgeroepen op: 22-04-2014*
Fig B1.57 Multimedia installatie Stockholm	*Afkomstig van: http://www.karinasiegmund.com/stockholm.htm Opgeroepen op: 22-04-2014*
Fig B1.58 The Cyrillic Projector	*Afkomstig van: http://elonka.us/kryptos/sanborn/jimsanborn.net/hires/5L.jpg Opgeroepen op: 22-04-2014*
Fig B1.59 Light Projection	*Afkomstig van: http://arttattler.com/Images/NorthAmerica/Massachusetts/North%20Adams/Holzer/holzer_projections14.jpg Opgeroepen op: 22-04-2014*
Fig B1.60 Monument	*Afkomstig van: http://arttattler.com/archivejennyholzer.html Opgeroepen op: 22-04-2014*
Fig B2.1 Standaard led	*Afkomstig van: http://www.ledverlichtinglampen.com/wp-content/uploads/2014/05/led-300x260.jpeg Opgeroepen op: 01-07-2014*
Fig B2.2 Hogehelderheidsled	*Afkomstig van: http://www.conrad.nl/ce/nl/product/180046/Everlight-Opto-EHP-AX08LSUT01-P01-HighPower-LED-Wit-1-W-52-lm-130-415-V-350-mA Opgeroepen op: 02-06-2014*
Fig B2.3 Gloeilamp	*Afkomstig van: http://www.snoerboer.nl/heldere-gloeilamp-150w.html Opgeroepen op: 26-06-2014*
Fig B2.4 Halogeenlamp	*Afkomstig van: http://www.wattnou.nl/halogeen-r7s-118-200w.html Opgeroepen op: 14-07-2014*
Fig B2.5 HID-lamp	*Afkomstig van: http://en.wikipedia.org/wiki/High-intensity_discharge_lamp#mediaviewer/File:Sodiumlamp.jpg Opgeroepen op: 26-06-2014*
Fig B2.6 Werking lcd	*Afkomstig van: http://www.plasma-of-lcd.be/Afbeeldingen/LCD.jpg Opgeroepen op: 11-07-2014*
Fig B2.7 Uitleg TN	*Baker, S. (2013, December 10). TN Film, MVA, PVA and IPS - Panel Technologies. Opgeroepen op Juli 10, 2014, van TFT Central: http://www.tftcentral.co.uk/articles/panel_technologies.htm*
Fig B2.8 Uitleg IPS	*Baker, S. (2013, December 10). TN Film, MVA, PVA and IPS - Panel Technologies. Opgeroepen op Juli 10, 2014, van TFT Central: http://www.tftcentral.co.uk/articles/panel_technologies.htm*
Fig B2.9 Uitleg MVA	*Baker, S. (2013, December 10). TN Film, MVA, PVA and IPS - Panel Technologies. Opgeroepen op Juli 10, 2014, van TFT Central: http://www.tftcentral.co.uk/articles/panel_technologies.htm*
Fig B2.10 Vergelijking verschillende typen	*Matuszczyk, M. (2000). Liquid Crystals in Displays. Chalmers University Sweden.*
Fig B2.11 Werking seven segment display	*Tyson, J. "How LCDs Work" (2000, Juli 17). Opgeroepen op Juli, 4, 2014 van HowStuffWorks.com: http://electronics.howstuffworks.com/lcd.htm*
Fig B2.12 Divergente en convergente lenzen	*Afkomstig van: http://nl.wikipedia.org/wiki/Convergentie_en_divergentie_*

	(optica) Opgeroepen op: 02-06-2014
Fig B2.13 Lichtbreking door lens	*Afkomstig van: http://mathunited.pragma-ade.nl:41080/data/content-ma/concept/v3/re2/images/highres/3hv-re25-a1-t01.jpg Opgeroepen op: 02-06-2014*
Fig B2.14 Principe fresnellens	*Afkomstig van: http://nl.wikipedia.org/wiki/Fresnellens#mediaviewer/Bestand:Fresnel-lens.svg Opgeroepen op: 02-06-2014*
Fig B2.15 Binnenkant projector met gesplitste fresnellens opstelling	*Afkomstig van: http://pjoz.com/index.php?main_page=diyprojectortheory Opgeroepen op: 06-06-2014*
Fig B2.16 Binnenkant projector met ongesplitste fresnellens opstelling	*Afkomstig van: http://pjoz.com/index.php?main_page=diyprojectortheory Opgeroepen op: 06-06-2014*
Fig B3.1Testopstelling kleine fresnellens	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 11-06-2014*
Fig B3.2 Testopstelling grote fresnellens	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 17-06-2014*
Fig B3.3 Testopstelling grote fresnellens	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 17-06-2014*
Fig B3.4 Testopstelling grote en kleine fresnellens	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 17-06-2014*
Fig B3.5 Testopstelling met grote en kleine fresnellens en een afstand ertussen	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 17-06-2014*
Fig B3.6 Testopstelling met fresnellens en loep	*Foto gemaakt door Marit Colijn op 11-06-2014*
Fig B3.7 De gemeten en de theoretische waarde van de grote en kleine fresnellens	*Grafiek gemaakt door Marit Colijn op 18-06-2014*
Fig B4.1 Ronde projector met de spiegels binnenin	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 23-07-2014*
Fig B4.2 Projector hangend aan plafond	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 23-07-2014*
Fig B4.3 Binnenkant projector	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 23-07-2014*
Fig B4.4 Binnenkant van de ronde projector.	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 23-07-2014*
Fig B4.5 Exploded view van de ovale projector	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 23-07-2014*
Fig B4.6 Ovale projector	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 04-09-2014*
Fig B4.7 Afmetingen ovale projector	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 23-07-2014*
Fig B4.8 Hoekige projector	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 04-09-2014*
Fig B4.9 Weg van de lichtstralen	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 23-07-2014*
Fig B4.10 Weg van de lichtstralen	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 23-07-2014*
Fig B4.11 Binnenkant projector met weg van het licht	*Afbeelding gemaakt door Marit Colijn op 23-07-2014*
Fig B5.1 Kostprijsopbouw	*Kals, H., Buiting-Csikós, C., van Lutterveld, C., Moulijn, K., Ponsen, J., & Streppel, A. (2009). Industirële productie. Het voortbrengen van mechanische producten. Den Haag: Sdu Uitgevers bv.*