

Onderzoek naar kunststofverwerkingstechnieken voor modellen en kleine series

Verslag bachelor
eindopdracht

Elmar Jense, s0165433
Student industrieel ontwerpen

06-08-2012



PHILIPS
sense and simplicity

UNIVERSITY OF TWENTE.

Titel Bachelor eindopdracht: Onderzoek naar kunststofverwerkingstechnieken voor modellen en kleine series

Naam student: Elmar Jense

Studentnummer: s0165433

Opleiding: Industrieel Ontwerpen, Universiteit Twente

Universiteit Twente

Postbus 217

7500 AE Enschede

Datum Bachelorexamen: 28-08-2012

Bedrijf:

Philips Lighting

Rondweg Zuid 85

7102 JD Winterswijk

T +31 (0)543 542345

I www.lighting.philips.nl

Examencommissie:

- Voorzitter: Dr. Ir. P.J.M. van der Hoogt
- UT begeleider: P. van Passel
- Bedrijfsbegeleider: E. Ruisch

Handtekening Student:

Voorwoord

Dit verslag is geschreven in het kader van de Bachelor Eindopdracht door Elmar Jense, derdejaars student Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. Deze opdracht is uitgevoerd bij Philips Lighting te Winterwijk, gedurende een periode van 12 weken.

Philips Lighting is een van de 3 divisies van Philips Electronics. Philips Lighting in Winterwijk is een productieplant waar ongeveer 350 mensen werkzaam zijn. In Winterwijk wordt professionele verlichting ontwikkeld en geproduceerd voor winkels, kantoren, scholen en industrie, voor klanten als installateurs, projectontwikkelaars en architecten.

De LED technologie wordt steeds belangrijker dan bijvoorbeeld TL-verlichting in de verlichting industrie. LED technologie brengt ook een heleboel nieuwe vormmogelijkheden. Ontwikkelaars zitten niet meer vast aan een TL balk. Daarbij is Philips Lighting bezig met een verandering naar een Customized Solution Center, waarbij er klantgericht lichtoplossingen worden ontwikkeld.

Het opdrachtkader is in samenspraak met de Universiteit en Philips Lighting als volgt geformuleerd: *“een advies uitbrengen in hoeverre er toepassingsmogelijkheden zijn voor kunststof onderdelen die verwerkt worden in modellen en kleine series en welke toegepast kunnen worden binnen Philips, door een onderzoek te doen naar de mogelijke oplossingen voor kunststofverwerking en de mogelijkheden tot toepassing hiervan binnen Philips met afweging van verschillende technieken en onderbouwing van de uiteindelijke oplossing om voor Philips een aannemelijk en nuttig voorstel te doen voor het integreren van deze technieken.”*

Tijdens het uitvoeren van de opdracht is de student begeleidt door Pepijn van Passel vanuit de Universiteit en vanuit Philips Lighting door Erik Ruisch.

Het hoofddoel van de opdracht is onderzoek doen naar de mogelijkheden tot kunststofverwerking vanuit een “lege weide”. Dat houdt in dat in het beginsel alle mogelijkheden worden bekeken. Het onderzoek is uitgevoerd met de kennis en vaardigheden van de opleiding Industrieel Ontwerpen. De doelen van de Bachelor Opdracht vanuit de Universiteit is laten zien dat de student adequaat kan communiceren met opdrachtgevers, zelfstandig een opdracht kan formuleren en uitvoeren en systematisch en planmatig te werk gaan.

Tijdens het eerste gesprek met Philips Lighting waren er meerdere opdrachten mogelijk. Uiteindelijk is voor deze opdracht gekozen omdat Philips Lighting hier het meeste baat bij had. Door de technische inhoud van het onderzoek kunnen verschillende disciplines van de opleiding Industrieel Ontwerpen gebruikt en getoetst worden.

Het doel van de analysefase is om vanuit Philips Lighting een eenduidige vraag te kunnen formuleren naar kunststofverwerkingstechnieken zodat de mogelijkheden hiervoor onderzocht kunnen worden. Er wordt gesproken met veel afdelingen binnen Philips Lighting om op deze manier een goed beeld te krijgen van de vraag. Deze vraag moet vervolgens vertaald worden naar toetsbare criteria, zodat aan de hand van deze criteria de verschillende technieken getoetst kunnen worden. Hierbij zijn communicatieve en analyserende vaardigheden erg belangrijk

In de onderzoeksfase staat het analyserende en onderzoekende vermogen centraal. Er moet onderzocht worden welke mogelijkheden er bestaan, en welke nuttig kunnen zijn voor Philips Lighting. Ook de technische achtergrond en vaardigheden van de student zijn hierbij erg belangrijk.

In de laatste fase van het onderzoek moeten alle resultaten verwerkt worden, om zo een advies uit te brengen naar Philips Lighting. Vooraf was al bekend dat dit onderzoek een eerste stap zou zijn voor Philips Lighting.

Dit verslag zal, zoals al eerder aangegeven, de eerste stap zijn voor Philips Lighting in een onderzoek waarbij onderzocht wordt op welke wijze Philips Lighting mee kan gaan met de tijd, en klaar is voor de “future state”. Daarnaast zal dit verslag dienen als naslagwerk.

Dankwoord

De auteur van dit verslag dankt:

Erik Ruisch, Customized Solutions Manager bij Philips Lighting, voor de begeleiding tijdens het uitvoeren van de opdracht.

Alle andere medewerkers binnen Philips Lighting die mee hebben gewerkt of bijgedragen aan de opdracht, voor hun tijd en expertise.

Pepijn van Passel, medewerker CTW bij de Universiteit Twente, voor de begeleiding tijdens het uitvoeren van de opdracht.

Inhoudsopgave

VOORWOORD	4
SAMENVATTING	7
SUMMARY	8
INLEIDING	9
I ANALYSE	12
– 1.1 PROJECT SCOPE	12
– 1.2 ORGANISATIE	13
– 1.3 STAKEHOLDERS ANALYSE	14
– 1.3.1 ONTWIKKELING (PRIMAIRE STAKEHOLDER)	15
– 1.3.2 WERKPLAATS (SECUNDAIRE STAKEHOLDER)	16
– 1.3.3 INKOOP (TERTIAIRE STAKEHOLDER)	18
– 1.3.4 QUALITY (TERTIAIRE STAKEHOLDER)	19
– 1.4 PROGRAMMA VAN EISEN EN WENSEN	20
– 1.5 EVALUATIE CRITERIA	21
2 ONDERZOEK	22
– 2.1 KUNSTSTOF	23
– 2.2 LONGLIST	24
– 2.2.1 ONDERBOUWING	26
– 2.2.2 CONCLUSIE	26
– 2.3 DESK RESEARCH	27
– 2.4 FIELD RESEARCH	35
– 2.4.1 DEWIN ISOLATIE	36
– 2.4.2 PEZY	37
– 2.4.3 PHILIPS DRACHTEN	38
– 2.4.4 CNC SPEEDFORM	39
– 2.4.5 EUROPLEX	42
– 2.4.6 POLYMESS	44
– 2.4.7 FORMIT	45
– 2.5 SHORTLIST	46
– 2.6 CONCLUSIE	48
3 TEST	49
– 3.1 TEST PROJECTEN	49
– 3.2 LEVERANCIERS	51
– 3.3 RESULTATEN	51
– 3.4 CONCLUSIE	53
4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	55
5 NAWOORD	59
BEGRIPPENLIJST	60
REFERENTIES EN BRONNEN	61
BIJLAGEN	62
– BIJLAGE I – PLAN VAN AANPAK	63
– BIJLAGE II – BOUWTEKENING DAYZONE	70
– BIJLAGE III – BOUWTEKENINGEN KLIKKOFFER	71
– BIJLAGE IV – BOUWTEKENING FLEXPOL	73
– BIJLAGE V – BOUWTEKENING LENS	74

Samenvatting

Tijdens de analysefase is er onderzoek gedaan naar welke vraag er is vanuit Philips Lighting naar de verwerking van kunststoffen. Om een hiërarchie in de verschillende vragen te creëren zijn er eerst stakeholders vastgesteld. Niet iedere stakeholder is even belangrijk. De verschillende vragen, eisen en wensen van de verschillende stakeholders zijn vertaald naar evaluatiecriteria. Aan de hand van deze criteria worden de resultaten getoetst zodat het resultaat ook daadwerkelijk voldoet aan de vraag van Philips Lighting.

In de onderzoeksfase is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor kunststofverwerking vanuit een “lege weide”. Vanaf dit punt is er geconvergeerd om zo een korte lijst met verwerkingstechnieken te krijgen. Dit is gedaan door middel van desk research en field research. Bij het field research is veel communicatie geweest met verschillende bedrijven en leveranciers. Op deze manier is er een shortlist opgesteld. Deze shortlist bestaat uit een aantal technieken die alle vragen, eisen en wensen wat betreft kunststofverwerking vanuit Philips Lighting kunnen invullen.

In de laatste fase van het onderzoek zijn deze technieken getoetst aan de hand van een viertal kleine projecten. Deze projecten bestonden uit een aantal onderdelen die verwerkt zitten licht armaturen. Aan de hand van deze projecten is gekeken of het eindresultaat, de shortlist, volledig is en onderbouwd kan worden als zijnde nuttig voor Philips Lighting. De test is uitgevoerd door offertes aan te vragen bij verschillende leveranciers voor het maken van de onderdelen.

Het eindresultaat van het onderzoek is de shortlist met verwerkingstechnieken die gebruikt kunnen worden tijdens de ontwikkeling van producten en onderdelen. Daarnaast is er nog een naslagwerk gemaakt waarin verschillende technieken staan uitgelegd, invulling van deze technieken staan genoemd en mogelijke leveranciers zijn aangegeven voor het vervaardigen van kunststof onderdelen.

Summary

During the analysis phase, research is done to find out which needs there are from Philips Lighting for plastic processing. Different stakeholders were set to create a certain hierarchy in all the needs. After all, not every stakeholder is equally important. All the different needs, demands and wishes are translated to evaluation criteria. On the basis of these criteria the end result will be tested, to find out if this result actually meets all the demands from Philips Lighting.

In the research phase, research is conducted to find out which possibilities there are for the processing of plastics. This was done from a “lege weide” point of view. From this point on the research continues in a converging manner, to create a shortlist with processing possibilities. This is done through desk research and field research. In the field research, a lot of communication with various companies and suppliers is done. With all this obtained information and data the shortlist is composed. This shortlist consists of processing possibilities which should meet all the demands from Philips Lighting.

In the last phase of the research, the end result is tested on the basis of a four small projects. These projects consisted of four plastic parts which are used in luminaires. On the basis of these projects it has been judged whether the end result, the shortlist, is complete and can be substantiated as being useful for Philips Lighting. The test is conducted by requesting quotations from different suppliers.

The end result of this research is the shortlist of processing possibilities that can be used during the development of products and components in luminaires. In addition to this there is a search tool made in which various processing techniques are explained, as well as the interpretation of these techniques and the indication of possible suppliers who can manufacture plastic parts for luminaires.

Inleiding

Sinds Thomas Edison in 1879 de gloeilamp uitvond is de verlichting enorm veranderd. Verlichting heeft inmiddels niet meer alleen het doel om een ruimte te verlichten, maar ook om bijvoorbeeld een woonkamer te verfraaien. Dit kan door het soort licht, de kleur van het licht en de vorm van het armatuur.

Ook zijn er in de loop der jaren steeds meer afsplitsingen in de verlichtingsindustrie gekomen. Het verlichten van een woonkamer is immers iets heel anders dan het verlichten van een sporthal. Door deze ontwikkelingen zijn er ontzettend veel verschillende bedrijven en ontwikkelaars die verlichting maken. Ieder bedrijf heeft zijn eigen disciplines en soorten klanten.

Philips Lighting Winterswijk richt zich voornamelijk op verlichtingsoplossingen voor bedrijven. De afgelopen jaren heeft Philips Lighting 1000 verschillende armaturen ontwikkeld met allemaal hun eigen kenmerken. Er was alleen één onderdeel wat altijd hetzelfde bleef: de TL balk. Iedereen is ermee bekend omdat je ze overal tegenkwam. In kantoren, sporthallen, winkels en ga zo maar door. Het was dan ook een perfecte oplossing voor het functioneel verlichten van grotere ruimtes.

De laatste grote ontwikkeling is de komst van de LED technologie. Licht komt niet meer uit een gloeilamp die warm word ten veel energie verbruikt, maar komt uit een kleine lichtbron die nauwelijks warmte produceert en ook veel minder energie verbruikt. Ook Philips Lighting gaat natuurlijk mee met zijn tijd en maakt gebruik van deze nieuwe ontwikkeling.

Philips heeft veel expertise in plaatwerk. Bijna alle armaturen zijn namelijk van metaal gemaakt. Dus de eerste gedachte moet zijn geweest: leuk, LED, maar wat gaan we ermee doen? De TL balk vervangen door LED verlichting, simpel. Echter, LED brengt zeer veel vormvrijheid met zich mee. Dat kan een bedrijf als Philips natuurlijk niet negeren. Het enige probleem is dat metaal, hoe je het ook wend of keert, zijn vormtechnische beperkingen heeft. Een ander materiaal dus? Kunststof! Dit materiaal wordt op kleine schaal natuurlijk al welk gebruikt in armaturen, maar Philips Lighting heeft hier weinig expertise in.

Om deze reden is het logisch dat Philips Lighting de kennis en expertise graag wil uitbreiden om optimaal te kunnen profiteren van de voordelen die LED technologie met zich meebrengt en op deze manier met de tijd mee te gaan.

Eerste simpele vraag is: wat kun je er eigenlijk allemaal mee? Wat voor verwerkingstechnieken komen hierbij kijken. Een goede vraag, en een leuke uitdaging voor Elmar Jense, student Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit in Enschede.



Gloeilamp met LED-strips

Doelstelling

Het doel van de opdracht is een advies uitbrengen in hoeverre er toepassingsmogelijkheden zijn voor kunststof onderdelen die verwerkt worden in modellen en kleine series en welke toegepast kunnen worden in armaturen binnen Philips, door een onderzoek te doen naar de mogelijke oplossingen voor kunststofverwerking en de mogelijkheden tot toepassing hiervan binnen Philips met afweging van verschillende technieken en onderbouwing van het uiteindelijke advies om voor Philips een aannemelijk en nuttig voorstel te doen voor het integreren van deze technieken.

Dit zal gedaan worden door te analyseren welke kunststof verwerkingen er uitgevoerd dienen te worden, en uitgevoerd zouden kunnen gaan worden in de toekomst. Om vervolgens te onderzoeken welke mogelijkheden er zijn voor deze kunststof verwerking. Deze bevindingen zullen gebruikt worden als advies, onderbouwd met argumentatie van het voorstel. Dit alles zal plaatsvinden binnen een tijdsbestek van drie maanden.

Eindresultaat

Het eindresultaat zal een advies naar Philips Lighting toe zijn. Dit advies bestaat uit een overzicht met technieken die voor Philips nuttig zijn voor de ontwikkeling en realisatie van modellen en kleine series. Daarnaast zal het eindresultaat bestaan uit een overzicht van welke techniek waar te realiseren is. Deze informatie zal voorkomen uit het Field Research. Dit advies zal onderbouwd worden door de bevindingen uit het onderzoek, en de toetsing van dit resultaat aan de hand van een aantal (fictieve) projecten. In deze toetsing zal gekeken worden of het advies nuttig is voor Philips, en bruikbaar is tijdens de productontwikkeling.

Opbouw

Dit verslag is opgebouwd in 3 onderdelen (hoofdstukken):

- Analysefase
- Onderzoeksfase
- Testfase

Per hoofdstuk zal kort uitgelegd worden wat er in dat hoofdstuk besproken wordt.

DMAIC Charter

Voorafgaande aan de opdracht is een plan van aanpak opgesteld volgens het protocol van de Universiteit voor het uitvoeren van een project. Dit plan van aanpak is vertaald en aangevuld naar de standaard die Philips gebruikt voor het uitvoeren van (onderzoeks) projecten: een DMAIC Charter. Het volledige plan van aanpak is terug te lezen in de bijlage.

Project Title: Plastic processing possibilities

Organization: Philips Lighting Winterswijk

Project leader: E. Jense

Document version: VI.2

Date: 25-04-2012

Business Case (Explanation of why to do the project) Create more flexibility and improve speed for the development of models and small series. Goal of this project is to compile an advice report on the possibilities for the processing of plastics for the simply derived, derived and special products.	Problem Statement (Description of the problem) With the new developments in LED technology, more design possibilities are to be discovered. The different development departments are more often limited in flexibility and freedom of form due to the fact that there is no clear picture of the possibilities for the processing of plastics.
Restrictions and dependencies (Boundaries of the <u>project</u>) <u>In scope :</u> Plastics in optics and housings of models (internal and external) and small series (up to 5000 pcs). <u>Not in scope :</u> Electrical and working parts in models (internal and external) and small series. <u>Dependencies/relations to other projects:</u> - Technology research, A. Plucker	Process Scope (Boundaries of the <u>process</u>) In 3 months' time: - Analysis to create requirements and demands - Complete overview of plastics processing possibilities - Short list of useful possibilities for Philips - Verification of results through testing - Advice report with argumentation and support
Benefits (Hard and soft benefits) <u>Hard</u> - Overview of possibilities - Gain flexibility and speed in development and model workshop processes - Adept to future developments in freedom of form <u>Soft</u> - Lower outsourcing costs	Goal Statement (Improvement objective in clear, concise and measurable terms + the metrics to use) - Advise on which technologies are possible and useful - Support this advice with argumentation and test results - overview of outsourcing possibilities

I Analyse

In dit verslag is een beschrijving van het project gegeven. Ook is de huidige situatie en organisatorische structuur geanalyseerd. Hieruit zijn de verschillende stakeholders voort gekomen, waarna er per stakeholder de eisen en wensen zijn gespecificeerd.

I.1 Project Scope

Vanuit Philips Lighting is er de laatste tijd steeds meer vraag naar oplossingen wat betreft kunststofverwerking in verschillende producten. Dit levert steeds meer een beperking op omdat alle verwerkingen op dit moment uitbesteedt moeten worden. Ook is er hierdoor minder vormvrijheid in de ontwikkel processen. In de toekomst gaat steeds meer gewerkt worden met LED technologie, wat veel mogelijkheden biedt wat betreft vormgeving. Echter levert dit een belemmering op wat betreft de kunststofverwerking. Door het mogelijk maken van het verwerken van kunststoffen binnen Philips kan veel vormvrijheid en flexibiliteit gerealiseerd worden.

In dit project wordt onderzocht welke concrete eisen en wensen er zijn wat betreft het verwerken van kunststof, en op welke manieren deze eisen en wensen ingevuld kunnen worden. De doelstelling van dit onderzoek luidt:

“Het doel van de opdracht is een advies uitbrengen in hoeverre er toepassingsmogelijkheden zijn voor kunststof onderdelen die verwerkt worden in modellen en kleine series en welke toegepast kunnen worden binnen Philips, door een onderzoek te doen naar de mogelijke oplossingen voor kunststofverwerking en de mogelijkheden tot toepassing hiervan binnen Philips met afweging van verschillende technieken en onderbouwing van de uiteindelijke oplossing om voor Philips een aannemelijk en nuttig voorstel te doen voor het integreren van deze techniek.”

Verdere toelichting wat betreft dit project is terug te vinden in het Plan van Aanpak.

Belangrijk voor de start van het onderzoek is te weten wat precies onderzocht gaat worden, en wat vooral niet wordt onderzocht en buiten de scope van het onderzoek valt. Met het onderzoek wordt gericht op de kunststofverwerking die toegepast wordt in modellen en kleine series. Deze onderdelen in de modellen en kleine series moeten zowel functioneel als esthetisch verantwoord zijn. Verder wordt de scope beperkt tot het optiek en de behuizing van producten. Het elektronische en werkende gedeelte van de producten valt buiten de scope. Dat houdt automatisch in dat kleine standaard onderdelen die verwerkt worden ook buiten de scope vallen.

Eindresultaat van het onderzoek zal een advies zijn naar aan Philips Lighting. Dit zal een advies zijn welke kunststof verwerkingstechnieken nuttig zijn om binnen Philips uit te kunnen voeren, om op deze manier de flexibiliteit en de snelheid van de ontwikkeling van producten te verbeteren. Dit advies geeft ook een mogelijke invulling van deze technieken met gespecificeerde machines of andere oplossingen.

I.2 Organisatie

Binnen Philips Lighting is een duidelijke organisatorische architectuur. Het ontwikkelen van producten kan opgedeeld worden in 4 afdelingen:

- Factory Development
 - Binnen deze afdelingen worden de producten die de verschillende Development afdelingen ontwikkelen geïndustrialiseerd. Dat houdt in dat de producten productie klaar gemaakt worden.
- ETO
 - De afdeling Engineering To Order. Hier worden ontwerp aanvragen behandeld met specifieke eisen. Er wordt per aanvraag een niet ontwerp gemaakt, meestal gebaseerd op bestaande standaard producten. Dit kunnen simply derived en derived oplossingen zijn.
- Special group
 - Binnen deze afdeling worden ook ontwerp aanvragen behandeld met specifieke eisen. Echter worden hier de meer afwijkende aanvragen ontwikkeld. Dat wil zeggen, niet gebaseerd op standaard producten.
- Development group
 - Dit is de afdeling waar geheel nieuwe concepten en product ideeën worden ontwikkeld. Deze afdeling ligt aan de basis van toekomstige standaard producten en is essentieel in de verbreding en ontwikkeling binnen Philips Lighting.

Binnen dit project wordt gericht op de afdeling ETO en de Special Group, welke de belangrijkste stakeholders vormen (hierna genoemd als “ontwikkeling”). Naast de ontwikkeling zijn er nog andere stakeholders, die in mindere mate baat hebben bij het project. Deze afdelingen zullen wel worden meegenomen.

I.3 Stakeholders analyse

In onderstaand figuur zijn de stakeholders weergegeven. De stakeholders zijn opgedeeld in:

- Primaire stakeholder
- Secundaire stakeholder
- Tertiaire stakeholder



Er is een uitgebreide analyse uitgevoerd om te inventariseren hoe de situatie nu is, en welke eisen en wensen er bestaan vanuit de verschillende stakeholders betreffende het onderzoek. Aan de hand van bovenstaande figuur zijn per stakeholder de resultaten van deze analyse opgesteld.

1.3.1 Ontwikkeling (primaire stakeholder)

De stakeholder ontwikkeling is de belangrijkste stakeholder binnen het project. De stakeholder bestaat uit de afdelingen ETO, Special Group, Factory Development en Development. Dit wordt als belangrijkste stakeholder gezien omdat hier alle ontwerpbeslissingen genomen worden.

Binnen deze stakeholder zijn meerdere interviews en surveys gehouden met verschillende medewerkers binnen Philips die veel baat hebben bij dit project. Uit deze analyse zijn verschillende eisen en wensen voortgekomen. Ook zijn er aanvullende randvoorwaarden en aandachtspunten aan het licht gekomen waar rekening mee gehouden moet worden.

De kunststof soort die verwerkt wordt in de verschillende producten is over het algemeen genomen Polycarbonaat (PC) en Polymethylmethacrylaat (PMMA). Uit analyse blijkt dat verspanende en verbindende bewerkingen van deze kunststof soort het meest toegepast worden. Voor het verbinden geldt dat dit gaat om zowel verbindingen tussen kunststof onderdelen, als de verbinding tussen kunststof en metalen onderdelen. Ook nabewerking kwam naar voren als gewenste toepassing om sneller en flexibeler mee te werken. Bijvoorbeeld het polijsten van, of bepaalde structuren aanbrengen op kunststof onderdelen is nu niet mogelijk en wordt als beperking gezien in de vormgeving en ontwikkeling van producten. Na verdere brainstorming met de verschillende medewerkers kwam ook het drukken en plakken van folies naar voren. Dit kon meer gezien worden als wens. Naast de verschillende technieken werden ook andere eisen aangegeven. Belangrijkste eisen waren snelheid en flexibiliteit. Dat wil zeggen, het indoor kunnen uitvoeren van bovengenoemde bewerkingen verhoogd de snelheid en flexibiliteit van de ontwikkeling aanzienlijk. Dit zal resulteren in betere oplossingen bieden voor de klant, in een kortere tijd. Op dit moment uitbesteding van het verwerken van dergelijke kunststoffen de enige oplossing. Uitbesteding wordt gezien als nadelig. Dit omdat het gemiddeld drie tot vier dagen kan duren voordat een bepaald onderdeel besteld is. Daarnaast zijn de ontwikkelaars niet flexibel in het testen van bepaalde oplossingen of mogelijkheden.

1.3.2 Werkplaats (secundaire stakeholder)

De werkplaats is een grote stakeholder die veel in aanraking komt met kunststof. Toch is de werkplaats in het algemeen gedefinieerd als secundaire stakeholder. Dit omdat de werkplaats wel in aanraking komt met kunststofverwerking, maar altijd in opdracht van de verschillende ontwikkel afdelingen. Bijvoorbeeld een verspanende bewerking wordt alleen uitgevoerd als hiervoor opdracht voor wordt gegeven door de ontwikkeling, middels bijvoorbeeld een werktekening. Wel is de ontwikkeling een belangrijke bron van informatie voor deze analyse. Deze afdeling kan namelijk concreet vertellen en toelichten welke verwerkingen vaak uitgevoerd moeten worden.

Op dit moment komt een opdracht binnen op deze afdeling in de vorm van bouwtekeningen. Op basis hiervan wordt er een model gemaakt. Op het moment dat er begonnen wordt met het model, worden de verschillende kunststof onderdelen besteld. Dit gebeurt onder andere bij een bedrijf op hetzelfde bedrijventerrein, waar goed en efficiënt contact mee is. Onderdelen die uitbesteed worden zijn bijvoorbeeld aangepaste afmetingen MLO's of andere aangepaste onderdelen. Het kan zijn dat er ergens een gat moet komen voor de ventilatie, of dat dit gat op een andere plaats moet komen. Het komt veelal neer op simpele bewerkingen. Binnen enkele dagen wordt de uitbestede opdracht afgeleverd, en kan verwerkt worden in het model.

De wens vanuit deze afdeling is het flexibel zelf kunnen uitvoeren van simpele bewerkingen voor de modellen. Op deze manier kan er veel sneller en efficiënter gewerkt worden tijdens het maken van een model.

In het verleden was er een dergelijke mogelijkheid tot het zagen en bewerken van kunststof. Echter, er is indertijd een ongeluk gebeurd waarbij een medewerker ernstig gewond is geraakt. De oorzaak was het feit dat de machine eigenlijk niet geschikt was voor het verwerken van kunststof. Toen deze machine echter wel gebruikt werd om "even snel" iets af te zagen, ging het fout. Om deze reden is er vanaf hogere hand besloten dit niet meer te doen en alles uit te besteden.

Toch blijft er een vraag vanuit de werkplaats naar dergelijke kunststof verwerkingsmogelijkheden. Deze vraag is er omdat er vanuit de ontwikkeling een bepaalde opdracht gegeven wordt. Het wordt als onhandig en inefficiënt gezien wanneer er voor iedere simpele bewerking uitgeweken moet worden naar een ander bedrijf. Ook kan het zijn dat er een product kapot gaat tijdens de productie. Als dit zicht voordoet, is het handig om intern snel dit onderdeel bij te kunnen maken. Op dit moment kan dit probleem alleen opgelost worden door de leverancier te benaderen om een extra exemplaar aan te leveren. Dit levert vanzelfsprekend erg veel tijdsverlies op. Daarnaast moet de lopende productie onderbroken worden, wat erg veel tijd en geld kost.

Concrete eisen die gesteld werden zijn:

- Zagen van kunststof
- Boren van kunststof
- Frezen van kunststof
- Snel(ler) modellen maken
- Flexibel zijn in kunststofverwerking

Deze eisen komen indirect voort uit de stakeholder werkplaats, en worden eigenlijk gesteld door de verschillende ontwikkel afdelingen. Voor een stuk verduidelijking zijn een aantal voorbeelden genoemd.

Op dit moment wordt er steeds meer gewerkt met LED techniek. Omdat deze techniek nog in de kinderschoenen staat, zijn er nog geen industriestandaards. Dat wil zeggen dat bijvoorbeeld de LED boards, waar de LED's op verwerkt zijn, nog geen standaard afmetingen hebben. Om deze reden komt het geregeld voor dat de afmetingen van de gehele armatuur aangepast moeten worden. In dit geval moeten ook de kunststof onderdelen aangepast worden.

Er blijven geregeld standaard MLO platen liggen. Omdat deze platen al verwerkt zijn, kunnen ze maar beperkt worden gebruikt in andere armaturen. Als er de mogelijkheid was zelf bewerkingen uit te voeren kan basis materiaal worden ingekocht die vervolgens verwerkt kan worden. Op deze manier blijft er minder materiaal liggen die niet verwerkt kan worden. Ook kan "obsoleete" materiaal gemakkelijker opnieuw verwerkt worden in andere modellen.

Een aantal andere aandachtspunten moeten hierin meegenomen worden. Als eerste de mogelijkheid tot het instellen van lage en hoge toerentallen om een bepaalde nauwkeurigheid te kunnen realiseren. Vooral voor de commerciële modellen is dit belangrijk, aangezien er naar de klant toe de nodige kwaliteit gegarandeerd moet kunnen worden.

In het geval van inkopen van basis materiaal in plaats van verwerkte producten, moet hier gelegenheid voor zijn in het magazijn. Dit basis materiaal heeft natuurlijk onder andere een grotere afmeting. Ook moeten deze grotere platen vervoerd kunnen worden door de architectuur van de fabriek heen.

I.3.3 Inkoop (tertiaire stakeholder)

De stakeholder “inkoop” is gedefinieerd als tertiaire stakeholder en is dus in mindere mate belangrijk voor dit onderzoek. Dit omdat deze stakeholder geen kunststof bewerkingen uitvoert. Wel moeten de bevindingen van deze stakeholder meegenomen worden, omdat de stakeholder een rol speelt in het gehele ontwerp traject. Voor deze stakeholder zal er dus wel iets veranderen gebaseerd op de resultaten van dit onderzoek.

Inkoop is verantwoordelijk voor, zoals de naam al weggeeft, de inkoop van onderdelen. Op dit moment koopt deze afdeling de verschillende onderdelen in die gebruikt worden in modellen en kleine series. Wat betreft de kunststof onderdelen zoekt de inkoop afdeling geschikte bedrijven uit die de nodige kunststof onderdelen kan maken. De afdeling inkoop zorgt er vervolgens voor dat de kunststof onderdelen zo snel mogelijk binnen zijn zodat deze verwerkt kunnen worden in de modellen. Niet alleen heeft deze afdeling contact met de leveranciers, maar ook met de zogenaamde compounders. Dit zijn de bedrijven die voor het basismateriaal zorgen met de juiste specificaties, die vervolgens verwerkt worden tot onderdelen door de leveranciers. Vanuit Philips kunnen aan deze compounder bepaalde materiaal eisen worden gesteld alvorens de onderdelen gemaakt worden door de verschillende leveranciers.

Een voorbeeld ter verduidelijking:

Een ontwikkelaar verzint een nieuw kunststof onderdeel om te verwerken in een Special product. Om te testen of alles goed in elkaar zit wat de ontwikkelaar bedacht heeft wil hij graag een prototype maken. Dit heeft tot gevolg dat er ook een aantal kunststof onderdelen nodig zijn. De ontwikkelaar geeft dit door aan de afdeling inkoop. Die gaat vervolgens op zoek naar een bedrijf wat dit kunststof onderdeel kan maken. Dit kan bijvoorbeeld een bedrijf zijn dat gespecialiseerd is in Rapid-Prototyping of 3D Printing. Op dit moment is het ontwikkel proces voor de ontwikkelaar gestopt, omdat hij moet wachten tot zijn onderdeel binnen is, wat weleens weken kan duren.

Met het integreren van verschillende kunststof verwerkingstechnieken binnen Philips Lighting zal de afdeling inkoop een stuk ontlast worden en kunnen processen anders verlopen.

In het geval dat uit onderzoek blijkt dat uitbesteding van verschillende technieken toch de betere optie is, kan hiervoor een standaard protocol worden ontwikkeld. Op deze manier wordt de inkoop afdeling ook minder belast doordat ze niet steeds in contact moeten met verschillende bedrijven. Er zullen een aantal standaard bedrijven worden gedefinieerd die de verschillende bewerkingen kunnen realiseren.

I.3.4 Quality (tertiaire stakeholder)

De stakeholder “quality” is ook gedefinieerd als tertiaire stakeholder. Dit heeft een vergelijkbare reden als de stakeholder inkoop. Ook quality heeft wel met kunststof onderdelen in modellen en kleine series te maken, maar heeft geen directe baat bij dit onderzoek.

Binnen de afdeling quality (QDL) vind de kwaliteitscontrole plaats. Zowel van de bouwtekeningen als de (eind) producten. Bijvoorbeeld worden de opgegeven toleranties op urgentie gecontroleerd en vervolgens gewaarborgd. Ook voert deze afdeling controle uit op de verschillende leveranciers. Wordt er wel geleverd wat er is besteld? Dit komt bij uitbesteding, van onder andere kunststof onderdelen, neer op de controle van de opgegeven dimensies en nauwkeurigheden. De leveranciers moeten bewijs leveren dat het onderdeel aan de opgegeven eisen voldoet. Dit is ook een stuk vertrouwen in de leverancier, aangezien er binnen Philips Lighting bijvoorbeeld de dimensie van een plaat van vier meter niet geverifieerd kan worden.

Omdat deze afdeling ook contact heeft met de verschillende leveranciers, zal er ook voor quality iets kunnen veranderen. Eisen vanuit deze afdeling zijn dat de kunststof onderdelen controleerbaar zijn, en dat de oplossing(en) toereikend genoeg zijn om de opgegeven nauwkeurigheden te behalen. Ook moet de invoering van bijvoorbeeld nieuwe machines het stabiele proces niet verstoren.

I.4 Programma van eisen en wensen

Op basis van deze analyse kan een programma van eisen en wensen worden opgesteld waaraan het eindresultaat (het advies) moet voldoen. Het gaat hier om een globale analyse van de verschillende eisen en wensen. De eisen en wensen van de primaire stakeholder zullen vanzelfsprekend zwaarder wegen dan die van de secundaire en tertiaire stakeholders.

Eisen	Beschrijving
PC en PMMA kunnen verwerken	de techniek of oplossing moet ten minste PC en PMMA kunnen verwerken
Verspanende bewerkingen uitvoeren	Frezen, boren, zagen
Verbindende bewerkingen uitvoeren	Bijvoorbeeld lijmen. Kan ook tussen kunststof en andere materialen voorkomen.
Flexibel zijn	de flexibiliteit van zowel de ontwikkel als de werkplaats processen moet bevorderd worden
Snel zijn	De snelheid van zowel de ontwikkel als de werkplaats processen moet bevorderd worden in vergelijking het bijvoorbeeld het uitbesteden
Nauwkeurig zijn	De opgegeven toleranties moeten gerealiseerd kunnen worden
Kwaliteit afleveren	De opgegeven toleranties wat betreft nabewerking moeten gerealiseerd kunnen worden
Kosten niet verhogen	De oplossing moet de kosten niet verhogen in vergelijking met het uitbesteden
Integreerbaar zijn	De techniek(en) moeten binnen de huidige situatie van Philips Lighting geïntegreerd kunnen worden
Wensen	Beschrijving
Folies kunnen drukken	Het bedrukken van folies zou de vormvrijheid vergroten
Folies kunnen plakken	Het aanbrengen van folies op onderdelen zou de vormvrijheid vergroten
Kosten verlagen	Het eind advies zal aannemelijker worden als het de kosten verlaagd in vergelijking met uitbesteden
Structuren kunnen aanbrengen	Het aanbrengen van structuren op onderdelen zou de vormvrijheid vergroten
Onderdelen kunnen polijsten	Het kunnen polijsten van onderdelen zou de vormvrijheid vergroten

1.5 Evaluatie criteria

Om de bovengenoemde eisen en wensen concreet en toetsbaar te maken, zijn een aantal criteria opgesteld gebaseerd op het PvE. De weegfactoren geven aan hoe belangrijk het criterium is binnen dit project. De gevonden technieken worden aan de hand van deze criteria getoetst.

Criterium	Weegfactor
<u>Algemeen</u>	
Functionele bruikbaarheid in optiek	5
Functionele bruikbaarheid in behuizing	5
Bruikbaarheid voor modellen en kleine series	4
Uitbestedingsmogelijkheden	2
Flexibiliteit, uitbreiding capaciteit	1
<u>Customization</u>	
Voldoet aan eisen Ontwikkeling	5
Haalbare nauwkeurigheid	4
Voldoet aan eisen Werkplaats	2
Vormvrijheid	2
Afmetingsvrijheid	2
Verwerking verschillende kunststoffen	2

2 Onderzoek

In het eerste gedeelte van het onderzoek wordt onderzoek gedaan naar welke kunststofverwerkingen er mogelijk zijn. Zoals eerder aangegeven is het belangrijk objectief te blijven, en vanuit de “lege weide” het onderzoek te starten. De uitkomst van dit eerste gedeelte is een uitgebreid overzicht met alle mogelijke oplossingen, de zogenaamde “long list”.

Vervolgens zal dit overzicht worden verkleind, om zo het onderzoek te laten convergeren naar een concreet advies. In het eerste stadium zal dit vrij snel en gemakkelijk gaan; veel oplossingen zullen bij voorbaat al afvallen omdat deze oplossingen simpelweg geen nut hebben voor Philips Lighting, om zo tot een “short list” te verkrijgen. Bij verder convergeren op basis van deze short list, zullen de oplossingen worden getoetst aan de hand van de opgestelde evaluatie criteria.

Om tot deze shortlist te komen zal eerst een longlist opgesteld moeten worden; een lange lijst met alle mogelijke technieken. In de volgende stap van het onderzoek wordt deze lijst verder ingekort tot een concrete lijst met technieken die het uiteindelijke advies zullen vormen. Om een onderbouwde keuze te maken van deze uiteindelijke lijst met technieken zal verder onderzoek gedaan worden. In de eerste plaats door middel van Desk Research; het verdiepen in de verschillende technieken om een beter beeld te krijgen van de toepassingen en beperkingen van de verschillende technieken. Daarnaast zal dit verdere onderzoek bestaan uit Field Research; het bezoeken van bedrijven om op deze manier een beter en praktischer beeld te krijgen van hoe bepaalde bewerkingen in zijn werk gaan. Ook zal het resultaat van dit Field Research onderdeel zijn van het eindresultaat van het onderzoek. Dit overzicht kan als naslagwerk dienen voor Philips Lighting tijdens het zoeken van een juiste leverancier voor een bepaald onderdeel. Al deze informatie zal verwerkt worden in een matrix. In deze matrix zullen alle technieken afgezet worden tegen de evaluatie criteria. Op deze manier zal deze tabel de belangrijkste onderbouwing vormen voor de technieken binnen het uiteindelijke advies.

Deze resultaten zullen vervolgens worden getoetst op het nut en de bruikbaarheid voor Philips Lighting binnen de ontwikkeling van afmaten. Resultaat hiervan zal het concrete advies naar Philips Lighting zijn.

2.1 Kunststof

Voordat het onderzoek naar kunststofverwerking oplossingen gestart kan worden, is het verstandig een korte inleiding te geven over kunststof.

De definitie van kunststof is: *“alle chemische verbindingen die door niet natuurlijke scheikundige processen worden gemaakt”*. In de volksmond wordt plastic vaak als hetzelfde gezien. Dit is echter onterecht aangezien plastic een organisch polymeer is, en dus een wezenlijk andere term dan kunststof.

Kunststof wordt opgebouwd uit grote molecuul ketens. Deze ketens ontstaan door synthese van organische grondstoffen. Het resultaat van deze synthese kan een amorge of kristallijne kunststofketen vormen.

Binnen kunststoffen zijn 3 soorten te onderscheiden:

- Thermoplasten
 - Een kunststofsoort die bij verhitting zacht wordt. Dit komt door de molecuulopbouw, welke bestaat uit lineaire macromoleculen zonder dwarsverbindingen. In de moleculen zelf zijn de verbindingen erg sterk, terwijl de verbindingen tussen de verschillende moleculen verbonden zijn door vanderwaalsbindingen. Deze vanderwaalsbindingen worden verbroken bij opwarming waardoor de ketens van elkaar los komen en het materiaal “smelt”. Dit heeft voordelen bij verwerking, omdat het materiaal door verhitting gemakkelijk in de juiste vorm gebracht kan worden.
- Thermoharders
 - Een kunststofsoort die bij verhitting hard blijft. Tussen de moleculen in de ketens bevinden zich wel dwarsverbindingen. Dit heeft tot gevolg dat de verwerking van thermoharders zijn beperking heeft, omdat het niet meer om te vormen is nadat het afgekoeld is. Onder andere hierdoor worden thermoharders minder gebruikt.
- Elastomeren
 - Een kunststofsoort met rubberachtige eigenschappen, waardoor het een elastisch materiaal is. Deze kunststofsoort kan zijn oorspronkelijke vorm aannemen na belasting en oprekken. Bij belasting over langere tijd kan kruip ontstaan, waardoor het materiaal permanent vervormd is en niet meer in de oorspronkelijke vorm terecht komt.

2.2 Longlist

Hieronder is een long list weergegeven met een totaal overzicht van kunststofverwerkingstechnieken. Dit overzicht zal het begin vormen van het onderzoek, wat uiteindelijk zal leiden tot een concreet advies over welke technieken op welke manier gebruikt kunnen worden. Naarmate het onderzoek vordert zal er steeds verder worden geconvergeerd. Als een techniek afvalt, zal dit uitgebreid worden toegelicht en onderbouwd.

Veel oplossingen zullen bij voorbaat al afvallen omdat de toepassing van de oplossing geen eis binnen het project invult, of dat de techniek alleen nuttig is voor grote series. De oplossingen die om deze reden(en) niet binnen de scope van het project vallen zijn met wit aangegeven. De met oranje aangegeven technieken zijn als nuttig bevonden en worden verder meegenomen in het onderzoek.

Verwerking techniek	Toepassing
Vormen	
Vacuüm vormen	Plastische vervorming om van vlakke platen gevormde producten te maken.
Buigen	Thermisch of koud buigen van kunststof platen voor maquettes, modellen, afschermkappen en machinebeplating.
Extruderen	Thermisch proces waarbij de kunststof door een matrijs wordt geperst. Toepasbaar voor platen en profielen, bijvoorbeeld kozijnen, tochtstrips en dakgoten.
Koud zetten	Koud vervormen van PC platen voor bijvoorbeeld beschermkappen.
Persen	Proces waarbij thermo hardende kunststof wordt gevormd voor middelkleine serie producten als badkuipen en boten.
Spuitgieten	Techniek voor de vormgeving van grote series complexe onderdelen, waarbij zowel thermoharders als thermoplasten verwerkt kunnen worden.
Blow molding	Thermisch proces waarbij holle vormen gemaakt kunnen worden door het opblazen van een kunststof buis in een mal. Wordt veel gebruikt voor flessen.
Warm vervormen	Het verwarmen van kunststof plaatmateriaal waardoor de vorm van onderliggende mal wordt aangenomen. Weinig detail wordt hierbij gerealiseerd, het gaat om de basisvorming.
Rotatie gieten	Proces waarbij verhit kunststofpoeder in een matrijs wordt gegoten om het eindproduct te vormen.
Schuimgieten	Variant op spuitgieten, waarbij een product met dikke wand gemaakt kan worden door het toevoegen van een blaasmiddel. Toepassing voor kleine tot middelgrote series met grote wanddiktes waarbij een glas oppervlak niet noodzakelijk is.
Rapid Prototyping	Verzamelbegrip voor het snel vervaardigen van fysieke modellen en prototypes.

Resin transfer molding (RTM)	Vormgeefproces waarbij twee harsen in een vorm polymeriseren om grote gladde complexe vormen te maken voor kleine series.
Thermoplastic structural foam molding (TSFM)	Spuitsieten van kunststof met een blaasmiddel om een schuimkern te realiseren in producten.
Dompelen	Vormgevingsproces voor thermoplastische materialen. Toepassing voor middelgrote tot grote series, met wanddikte tussen 0,1 en 8 mm. Toepassingen zijn bijvoorbeeld ballonnen, handvatten en slangen.
Kalenderen	Vormen van thermoplastische materialen tot folie.
Verspanen	
Frezen	Verspanende bewerking waarbij een roterend gereedschap materiaal verwijdert.
Draaien	Verspanende bewerking voor cilindrische werkstukken.
Boren	Verspanende techniek voor het maken van gaten.
Stansen	Verspanende bewerking waarbij vormen uit basis materiaal worden gestanst. Toepassing voor grote series.
Zagen	Verspanende bewerking om basismateriaal in de juiste afmeting te krijgen.
Lasersnijden	Verspanende bewerking waarmee vormen uit basis materiaal gesneden kunnen worden. Ook geschikt voor kleine series mogelijk.
Waterstraal snijden	Toepassing vergelijkbaar met lasersnijden.
Verbinden	
Lassen	Verbinden van materialen. Groot toepassingsgebied voor zowel grote als kleine series.
Lijmen	Verbinden van materialen. Groot toepassingsgebied voor zowel grote als kleine series.
Nabewerking	
Polijsten	Nabewerking waarbij een oppervlak glad gemaakt wordt door materiaal te verwijderen.
Graveren	Nabewerking waarbij letters, logo's of andere vormen in het materiaal gegraveerd worden.

2.2.1 Onderbouwing

Een groot aantal technieken valt af door de serie grootte. Dit geldt voor de technieken: extruderen, persen, blow molding, schuimgieten, TSFM, dompelen en stansen. Deze technieken zijn pas nuttig voor middelgrote tot grote series. Dit omdat er voor deze technieken een mal gemaakt moet worden. Deze mal kost veel tijd en geld om te maken. Aangezien de grotere series buiten de scope van het project vallen, worden deze technieken niet verder meegenomen in het onderzoek.

De andere techniek is kalenderen. Dit is een techniek voor het vervaardigen van folies. In de modellen en kleine series die binnen Philips Lighting gemaakt worden, worden geen folies verwerkt. Ook draaien valt af doordat de toepassing (cilindrische werkstukken) weinig of niet voorkomt in modellen of kleine series in lichtoplossingen binnen dit onderzoek.

Er zijn vier technieken die wel verder worden meegenomen in het onderzoek, waarbij ook gebruik wordt gemaakt van een mal. Te weten: vacuüm vormen, warm voren, rotatiegieten en spuitgieten. Ondanks dat er een mal gemaakt dient te worden, zijn deze technieken wel geschikt voor kleinere series. Dit omdat deze technieken in de laatste jaren veel ontwikkeling hebben doorgemaakt, en daardoor zijn de mallen relatief gemakkelijk en goedkoop te vervaardigen. De toepassing zal vermoedelijk veelal in de behuizing van modellen liggen, waardoor het de moeite waard is deze technieken nog niet af te schrijven en verder te onderzoeken of het nuttig kan zijn voor het maken van modellen en kleine series binnen Philips Lighting.

2.2.2 Conclusie

De volgende technieken worden meegenomen in de volgende stap van het onderzoek:

- Vormen
 - Vacuüm vormen
 - Buigen
 - Koud zetten
 - Warm vormen
 - Spuitgieten
 - Rotatie gieten
 - Rapid Prototyping
- Verspanen
 - Frezen
 - Boren
 - Zagen
 - Lasersnijden
 - Waterstraal snijden
- Verbinden
 - Lijmen
 - Lassen
- Nabewerking
 - Polijsten
 - Graveren

2.3 Desk Research

In dit deel van het onderzoek worden de verschillende technieken nader bekeken om op deze manier een beter beeld te krijgen van de toepassingen en beperkingen van de technieken.

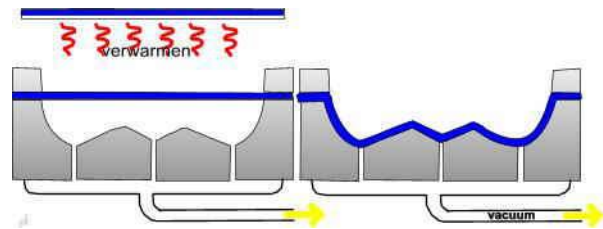
De volgende technieken zijn meegenomen vanuit het vorige deel van dit onderzoek:

- Vormen
 - Vacuüm vormen
 - Buigen
 - Koud zetten
 - Warm vormen
 - Rotatie gieten
 - Rapid Prototyping
 - spuitgieten
 - Vacuüm gieten
- Verspanen
 - Frezen
 - Draaien
 - Boren
 - Zagen
 - Lasersnijden
 - Waterstraal snijden
- Verbinden
 - Lijmen
 - Lassen
- Nabewerking
 - Polijsten
 - Graveren

Vacuüm vormen

Vacuüm vormen, of thermovormen, is een vormgevingstechniek waarbij het materiaal wordt verwarmd waarna het plastisch vervormd wordt. Het is een proces waarbij vlak plaatmateriaal wordt gevormd om het eindproduct te maken. Alle thermoplasten kunnen verwerkt worden met deze techniek. Het materiaal wordt verhit, meestal met een infraroodstraler. Hierna wordt het verwarmde kunststof over een mal vacuüm gezogen. Hierdoor wordt de kwaliteit van het eindproduct in grote mate bepaald door de afwerking van de mal die gebruikt is. Een stofje of een oneffenheid in of op de mal resulteert gelijk in een oneffenheid in het eindproduct. De mallen kunnen vervaardigd worden van bijvoorbeeld hout of aluminium. Veelal wordt hout gebruikt omdat het gemakkelijk te verwerken is, en omdat hout poreus is. Hierdoor kan de kunststof beter over de mal heen worden gezogen.

Een beperking van deze techniek is de hoogte van het eindproduct. Deze kan maximaal 75cm zijn, afhankelijk van de vormgeving en de dikte van het materiaal. Dit komt doordat het vlakke materiaal over de matrijs heen wordt gevormd, waardoor het materiaal opgerekt wordt. Een ander nadeel is dat het eindproduct uitgezaagd en verder na bewerkt moet worden. Ook is er een beperkte mate van detail mogelijk. Verder kan plaatmateriaal in veel verschillende groottes worden verwerkt, afhankelijk van het vorm vlak van de machine. Een andere beperking is de vormvrijheid. Het product moet lossend zijn. Dat houdt in dat de mal uit het product gehaald moet kunnen worden. Hierdoor zijn dichte producten dus niet mogelijk. Belangrijkste voordelen zijn de lage mal en productiekosten.



Vacuümvorm proces (bron: perdoelastic.nl)

Buigen

Buigen is een proces waarbij thermoplastische kunststoffen onder een bepaalde hoek worden gebogen. Dit gebeurt door middel van verhitting, waardoor het materiaal gemakkelijk plastisch vervormt kan worden. Door middel van een gloeidraad wordt de kunststof plaat plastisch gemaakt op een buignaad, waarna de plaat in de gewenste hoek kan worden gebogen. Plaatlengtes tot 3 meter kunnen gemakkelijk verwerkt worden, met een dikte van 3 tot 25 mm dik.

Bij het buigen van doorsnede producten moet rekening worden gehouden met het feit dat het product in de weg kan zitten bij het buigen. Dichte producten kunnen dan ook moeilijk gerealiseerd worden door alleen gebruik te maken van buigen.

Koud zetten

Koud zetten is een proces vergelijkbaar met buigen. Echter gebeurt dit niet met behulp van verhitting. Zoals de naam al aangeeft, wordt het materiaal in koude toestand in de juiste hoek gezet met een grote zetbank. Ook hierbij kunnen lengtes tot 3 meter gerealiseerd worden.

Beperking hierbij zijn de materialen die toepasbaar zijn. Voor koud zetten wordt veelal PC (polycarbonaat) gebruikt omdat dit een harde, vrijwel onbreekbare kunststof is. Om deze reden is het mogelijk dit materiaal zonder verhitting te vervormen.

Warm vormen

Een proces waarbij thermoplastische kunststoffen in een heteluchtoven worden vervormd. Het plaatmateriaal wordt op een mal gelegd, waarna de oven het materiaal verhit. Doordat het materiaal plastisch wordt vormt het materiaal zich naar de mal waarop het ligt. Een beperking is dat er weinig detail realiseerbaar is. Deze techniek wordt veel gebruikt voor grote ronde kunststof kappen.

Rotatiegieten

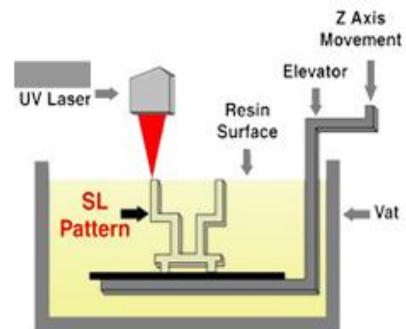
Rotatiegieten is een proces waarbij kunststof poeder wordt verhit, waarna deze in een matrijs wordt gegoten. Het is een relatief goedkoop proces, als het vergeleken wordt met andere vormgevingstechnieken waarbij een mal of matrijs nodig is. De matrijs, veelal van aluminium, wordt gevuld met thermoplastisch kunststof in een roterende beweging. Op deze manier ontstaat een naadloos product. Deze techniek wordt veelal toegepast voor holle of dubbelwandige producten voor kleine en middelgrote series (vanaf 50 stuks).

Een beperking is dat bij niet ronde producten, of producten met veel detail, de wanddikte niet overal uniform zal zijn. Hierdoor kan een geen hoog detail worden gerealiseerd.

Rapid prototyping

Rapid prototyping is een verzamelbegrip voor het vervaardigen van fysieke prototypes en modellen. Voornamelijk voor kleine series. De techniek zet digitale productinformatie om in een fysiek product. Rapid prototyping wordt ook gebruikt in verschillende afgietprocessen. Hierbij wordt vrij eenvoudig een product gemaakt. Van dit product kan een mal gemaakt worden, een soort negatief. Dit wordt vaak gedaan met siliconen. Deze mal wordt vervolgens gebruikt voor het gieten van andere materialen in grotere series. Binnen Rapid prototyping zijn verschillende technieken te onderscheiden:

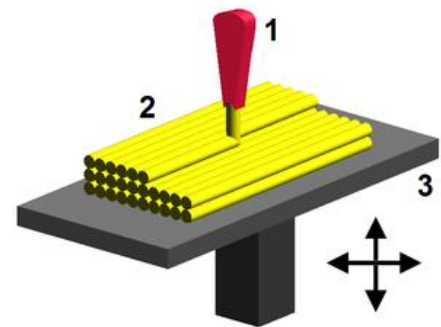
- Stereolithografie (SLA)
 - *Hierbij wordt gebruik gemaakt van een laser. Met de laser wordt vloeibaar kunststof laagsgewijs gepolymeriseerd. Waar de laser de vloeistof aanstijpt, verhard de kunststof. Op deze manier ontstaat de vorm. Deze techniek is echter beperkt in de materialen die toegepast kunnen worden; niet alle thermoplasten lenen zich voor deze techniek. Voordeel is wel dat een eindproduct met een zeer hoge afwerking en nauwkeurigheid te maken is. Om deze reden kan het goed gebruikt worden als "master" voor vacuüm gieten. Ook kan het product belast worden en tot op zekere hoogte als werkend prototype gebruikt worden. Daarbij moet gezegd worden dat SLA een dure methode van Rapid Prototype. Ook is de methode beperkt in het aantal materialen wat hiervoor geschikt is. Om deze redenen wordt deze techniek over het algemeen gebruikt als zichtmodel.*



SLA proces (bron: kadigo-3d-drucker.de)

- Fused deposition modeling (FDM)

- Bij deze techniek waarbij een fysiek model laagsgewijs wordt opgebouwd met kunststof draden die uit een spuitmond komen. Om een grotere vormvrijheid te realiseren kan gebruik gemaakt worden van een ondersteuningsmateriaal. Er moet logischerwijs altijd op een ondergrond geprint worden. Door gebruik te maken van dit ondersteuningsmateriaal kunnen openingen in het product gerealiseerd worden. dit materiaal plakt wel, maar hecht niet aan de kunststof. Op deze manier is dit materiaal achteraf gemakkelijk te verwijderen. Soms wordt hierbij gebruik gemaakt van een bad met vloeistof die het ondersteuningsmateriaal oplost. Deze techniek is erg flexibel en ruim toepasbaar. Dit komt doordat iedere thermoplast in principe gebruikt kan worden. Hierdoor kan een prototype bij benadering dezelfde fysische eigenschappen bevatten als het uiteindelijke serie product. Een ander voordeel is de maatnauwkeurigheid ($\pm 0,15\text{mm}$). Dit komt doordat het materiaal altijd koud blijft en daardoor geen krimp of kromtrekken vertoont. Wel kan een nadeel zijn dat de gelaagde structuur, waarmee het product gemaakt is, altijd zichtbaar zal zijn.



FDM process (bron: wikipedia.org)

- Selective laser sintering (SLS)

- Dit is een techniek die veel lijkt op SLA. Bij SLS wordt er met een laser kunststof poeder aan elkaar gesmolten op basis van de doorsnede van het virtuele model. Op deze manier wordt het product laag voor laag opgebouwd. Voordeel hiervan is dat een ondersteuning, zoals die bij FDM gebruikt wordt, niet nodig is omdat het product altijd omringd is door on gesinterd poeder. Deze techniek zit wat betreft flexibiliteit en functionaliteit tussen FDM en SLA in. Dat wil zeggen, het is relatief goedkoop en er kunnen veel soorten thermoplasten gebruikt worden. De oppervlakte kwaliteit is wel slechter dan bij SLA. Echter kan dit gemakkelijk na behandeld worden.

- Frezen

- Frezen binnen Rapid prototyping totaal iets anders dan eerder genoemde technieken. Bij SLA, FDM en SLS wordt vanuit niets het product opgebouwd. Bij frezen wordt vanuit grof basismateriaal het eindproduct weg gefreesd, een verspanende bewerking waarbij veel restafval ontstaat. Het resultaat geeft een massief eindproduct. Nadeel is, naast het restafval, dat er een dure 5-assige frees machine voor nodig is om gecompliceerde eindproducten te realiseren. Wel is het toepassingsgebied erg groot. Vrijwel ieder materiaal, en daarmee ook iedere kunststof, kan verwerkt worden.

Spuitsieten

Spuitsieten is een vormingstechniek voor thermoplasten en thermoharders. Bij dit proces wordt de kunststof, meestal in poeder vorm aangeleverd, in vloeibare toestand onder hoge druk in een matrijs gespoten. Doordat er bij deze techniek een matrijs nodig is, is deze techniek minder geschikt voor kleinere series. Wel is er de nodige ontwikkeling geweest in deze techniek, waardoor de seriegrootte waarbij deze techniek nuttig is veel kleiner is geworden. Voor deze kleinere series wordt een epoxy matrijs gebruikt. Deze matrijzen worden opgebouwd uit een aluminium gevulde epoxyhars. Voordeel hiervan is dat het relatief goedkoper en sneller te bouwen is dan matrijzen van aluminium of staal. Door het gebruik van een dergelijke matrijs kan er ook voor kleinere series worden spuit gegoten. Een ander voordeel is dat het eindproduct altijd 100% natuur getrouw is. dit in vergelijking met vormgevingstechnieken als rapid prototyping en vacuüm gieten, waarbij het eindproduct altijd een benadering is. dat wil zeggen, het kan zijn dat het juiste materiaal niet gebruikt kan worden, of dat het niet de fysische of optische eigenschappen heeft. Nadeel blijft dat het een vrij kostbare techniek is voor kleinere series.

Vacuüm gieten

Bij deze vormgevingstechniek worden afgietsels in siliconenmatrijzen gegoten. Deze matrijs wordt gemaakt met behulp van een prototype van het product. Dit prototype kan vervaardigd worden door bijvoorbeeld SLA. Het product wordt vervolgens omgoten met siliconen, om zo een negatief te verkrijgen. Hierna wordt het uiteindelijke materiaal onder vacuüm in de matrijs gegoten. Voordeel van dit proces is dat het meer materialen verwerkt kunnen worden. Ook transparante prototypes kunnen met deze techniek vervaardigd worden. Nadeel is dat deze techniek zich beperkt tot thermoharders.



Voorbeeld product na spuiten (bron: jigsaw.com.pk)

Frezen

Frezen is een verspanende bewerking waarbij met behulp van roterend gereedschap materiaal wordt verwijderd. Tegenwoordig wordt dit vaak gedaan met computergestuurde (CNC) machines. Bij frezen komt veel warmte vrij. Bij het frezen van kunststof wordt het materiaal vaak gekoeld met perslucht. Een belangrijk onderscheid wat gemaakt wordt in het frezen is het tegenlopend frezen en meelopend frezen.

Tegenlopend frezen houdt in dat de rotatie van het gereedschap en de voeding (het te frezen materiaal) in tegengestelde richting gebeurt. Nadelen hiervan zijn dat er relatief meer vermogen nodig is en dat er meer kans is op trilling. Tegenlopend frezen wordt vaak gebruikt voor het frezen van zachte kunststoffen. Vooral bij lange dunne freesgereedschappen kan het noodzakelijk zijn tegenlopend te frezen.

Meelopend frezen houdt in dat de rotatie van het gereedschap en de voeding in dezelfde richting gebeurt. Voordelen hiervan zijn dat het werkstuk niet los kan komen van het frees bed. Ook is de spaanafvoer gemakkelijk en is er minder slijtage van het gereedschap. Daarnaast is de oppervlakteruwheid beter in vergelijking met tegenlopend frezen. Meelopend frezen wordt hierom bijna altijd toegepast voor het frezen van harde kunststoffen.

Boren

Boren is een verspanende bewerking waarbij een rond gat in het werkstuk gemaakt wordt. Het is van belang dat het gat op de juiste plek komt. Door de draaibeweging kan de boor niet op de juiste plaats boren. Dit kan voorkomen worden door het werkstuk te fixeren ten opzichte van de boor. In de meeste gevallen wordt het te boren gat met een priem voorzien van een putje, waar de boorkop in valt. Boren kan ook gebruikt worden om ruimte in een product te maken om vervolgens een vorm van binnenuit het materiaal te frezen.

Zagen

Het zagen van kunststof wordt ook gezien als een verspanende bewerking, omdat er materiaal wordt verwijderd. Zagen wordt vaak gebruikt om producten op maat te krijgen, of om de maat ervan aan te passen. Dit is meestal een van de eerste stappen in het verwerken van kunststof.

Lasersnijden

Lasersnijden is een verspanende bewerking om vormen uit plaatmateriaal te snijden. Dit wordt gedaan met een laser; een elektromagnetische stralingsbron die licht uitzendt in een bijna evenwijdige bundel. Om met een laser goed te kunnen snijden moet het licht uit de laser worden gefocusseerd tot een lichtcirkel waarvan de diameter nog geen millimeter is. Hierdoor kunnen zeer smalle en nauwkeurige gleuven worden gesneden. Voor het snijden van kunststoffen is een vermogen van 12 Watt al voldoende. De snelheid waarmee gesneden kan worden kan voor kunststof oplopen tot 12 meter per minuut. In veel gevallen wordt er een gasstroom gebruikt om het gesmolten en verdampte materiaal van het snijgebied te verwijderen. Voor kunststof is het ook mogelijk zonder gas te snijden; laser sublimeer snijden. Voordeel van lasersnijden is de fijne snede en daardoor weinig materiaalverlies. Daarnaast biedt het net als waterstraal snijden grote vormvrijheid. Nadelen zijn de giftige dampen die kunnen ontstaan, en de kans op beschadiging van het materiaal door vervorming of verkleuring.

Waterstraal snijden

Waterstraal snijden is een verspanende bewerking om vormen uit plaatmateriaal te snijden. Met behulp van een spuit kop wordt water met hoge druk op het materiaal gespoten. De waterstraal die hiermee ontstaat bereikt meer dan twee keer de snelheid van geluid. Hierdoor kan vrijwel ieder materiaal hiermee gesneden worden. Voor het snijden van kunststof wordt meestal waterstraal snijden zonder abrasief toegepast. Abrasief snijden houdt in dat er fijn zand aan de waterstraal wordt toegevoegd om zo door hardere materialen heen te komen. Dit is voor kunststof in de meeste gevallen niet nodig. Het voordeel ten opzichte van lasersnijden is dat de waterstraal het materiaal niet beschadigt met bramen, verkleuring of vervorming. Er wordt geen warmte in het materiaal gebracht waardoor de eigenschappen van het materiaal niet veranderen. Daarnaast wordt het materiaal tijdens het snijden automatisch gekoeld door de waterstraal. Ook ontstaan er, in vergelijking met lasersnijden, geen giftige dampen die afgevoerd moeten worden. Een nadeel is dat het materiaal geen reactie aan mag gaan met water. Dit kan voorkomen bij het snijden van fluoriserende kunststoffen.

Lijmen

Lijmen is een verbindende techniek om twee of meer delen aan elkaar te bevestigen. Voor het lijmen van kunststof zijn veel verschillende mogelijkheden. Voor al deze mogelijkheden geldt dat er voorbehandeling noodzakelijk is. Het lijmen van de kunststofsoorten die centraal staan in dit onderzoek (PC, PMMA) moet in acht genomen worden dat deze materialen gevoelig zijn voor spanningscorrosie. Om deze reden moet het reinigen van het materiaal gebeuren met een mild oplosmiddel zoals IPA of een zeepoplossing. Daarna kan het materiaal nog licht worden opgeruwd alvorens het wordt gelijmd. IPA (2-propanol) is een secundaire alcohol die snel verdampt en daarom veel gebruikt wordt voor onder andere kunststoffen en printplaten.

Het lijmen van thermoplastische kunststoffen wordt over het algemeen gedaan met 2 typen: gemodificeerd acrylaat en cyano acrylaat.

- Gemodificeerd acrylaat
 - *Een combinatie van hars, initiator en versneller. De verbinding is redelijk tot goed bestand tegen vocht en hoge temperaturen, en hardt snel uit. De verbinding kan kruip vertonen en is dus minder geschikt voor langdurige statische belasting.*
- Cyano acrylaat
 - *Dit lijm type hard snel uit, en kan secondelijm genoemd worden. Het levert een brosse, relatief sterke verbinding op. Deze lijm techniek is geschikt voor puntverlijmingen, en minder geschikt als structurele lijm.*

Lassen

Lassen is een verbindende techniek waarbij het materiaal op de verbindingsplaats in vloeibare toestand wordt gebracht, zodat de 2 delen aan elkaar gesmolten kunnen worden. Hierom is lassen automatisch alleen geschikt voor smeltende, en dus thermoplastische kunststoffen. Lassen levert een hele sterke, lichte en stijve verbinding. Het nadeel van een lasverbinding kan zijn dat het niet demonteerbaar is en de mogelijkheid tot het veranderen van mechanische eigenschappen van het materiaal. ook kan, door warmte, krimp en daarmee vervorming ontstaan. Uitzonderingen zijn de amorfe kunststoffen waarvan de verwerkingstrajecten veel op elkaar lijken. Ook geldt dat in principe alleen dezelfde materialen aan elkaar gelast kunnen worden. In het kunststoflassen zijn de belangrijkste methodes:

- Ultrasoon lassen
 - *Bij deze vorm van lassen wordt door middel van een mechanische trilling het materiaal plaatselijk verwarmd. Als het product goed ontworpen wordt kan dit plaatsvinden aan het verbindingsvlak. Het ultrasoon lassen is minder geschikt voor kleinere series omdat de gereedschapskosten erg hoog zijn. Wel is deze techniek snel (minder dan 1,5 seconde) en goed te automatiseren.*
- Vibratielassen (of wrijvingslassen)
 - *Bij deze methode wordt warmte opgewekt door de te lassen onderdelen lineair tegen elkaar aan te wrijven. Voordelen zijn dat er weinig rook vrij komt door de relatief lage temperatuur. Ook kunnen minder schone oppervlakten gemakkelijk gelast worden, en is de las tijd snel (in de orde van seconden). Nadeel is echter dat de machine die hiervoor nodig is erg duur is.*

- **Spiegellassen**
 - *Bij spiegellassen worden de onderdelen die verbonden moeten worden verwarmd door een hete plaat. Op deze plaat zit meestal een niet hechtende laag zoals teflon om te voorkomen dat de kunststof vast smelt aan de metalen plaat. Als de onderdelen voldoende verwarmd zijn worden ze tegen elkaar aangedrukt. Nadeel is, is dat het proces altijd gepaard gaat met braamvorming en de maatvoering niet nauwkeurig is. Voordelen zijn dat het ook handmatig uitgevoerd kan worden, waardoor er geen dure machine voor nodig is, en het geen rook of damp veroorzaakt.*

Polijsten

Polijsten is een nabewerkingstechniek die toegepast wordt om de oppervlakte eigenschappen van het materiaal te verbeteren. Dit kan zijn het oppervlak glad en glanzend maken, maar ook het materiaal dusdanig bewerken zodat het aan bepaalde optische eisen voldoet. Het polijsten van kunststof gebeurt meestal door het materiaal te schuren. Door met verschillende fijnheden te werken, en eventueel door de toevoeging van vloeistoffen wordt zo het gewenste eindresultaat verkregen.

Polijsten is een goede manier op optische eisen te realiseren van een prototype dat bijvoorbeeld gemaakt is met Rapid Prototyping. Door te polijsten met een fijne diamanten kop, kan een super glad oppervlak gerealiseerd worden.

Graveren

Graveren is een nabewerkingstechniek die wordt toegepast om logos, symbolen of tekst in het eindproduct weer te geven. Dit kan met bijvoorbeeld een laser, maar ook met een freesmachine. In het laatste geval zijn er wel speciale frees koppen voor nodig, en de machine moet deze bewerking uit kunnen voeren.

2.4 Field Research

Nu alle technieken in theorie zijn onderzocht, kan er in de praktijk worden gekeken hoe deze technieken werken. In dit deel van het verslag is een uitgebreid overzicht te lezen van de bezoeken aan de verschillende bedrijven die zich specialiseren in één of meer verwerkingstechnieken die op dit moment nog als nuttig worden bevonden in het onderzoek. Dit field research heeft meerdere doelen. In de eerste plaats een beeld te krijgen van hoe een bepaalde bewerking daadwerkelijk in zijn werk gaat, wat ervoor nodig is en welke toepassingen deze technieken hebben. Daarnaast vormt dit deel van het onderzoek een overzicht voor Philips van waar de verschillende technieken en disciplines zich bevinden. Dit kan als naslagwerk dienen voor Philips tijdens het zoeken van een juiste leverancier voor een bepaald onderdeel.

2.4.1 Dewin Isolatie

Het eerste bedrijf wat bezocht is, is Dewin Isolatie. Dewin is een bedrijf wat zich specialiseert in isolatie techniek. Hun klantenbestand bestaand o.a. uit dakdekkers, handelaren en verdere industrie. Dewin beschikt over een uitgebreid computergestuurd machinepark, waarmee ze vrijwel alle soorten isolatie kunnen bewerken.

Er is de laatste tijd veel contact tussen Dewin en Philips Lighting. Veel verspanende bewerkingen van kunststof onderdelen voor modellen en kleine series worden door Dewin uitgevoerd. De reden hiervan is dat Dewin de machines en kennis heeft om dergelijke bewerkingen te realiseren, en het feit dat het bedrijf op hetzelfde industriegebied zit. Door dit laatste is de samenwerking erg flexibel. Vooral door deze directe samenwerking is er vanuit Philips een vraag om een aantal van deze bewerkingen zelf uit te kunnen voeren. Op deze manier kan het maken van modellen en kleine series nog flexibeler en efficiënter.

Om en inzicht te krijgen in de disciplines die Dewin heeft, is er een overzicht gemaakt van het machinepark. Dit overzicht is beperkt tot de toepassingen waarvan uit onderzoek blijkt dat deze nuttig zijn binnen dit project.

Biesse Rover 24

De frees machine die gebruikt wordt voor de bewerking van kunststof platen is de 3-assige, CNC gestuurde Biesse Rover. Elke kunststof kan verwerkt worden. Het plaatmateriaal wordt gefixeerd door 6 pneumatische support rails, waar in totaal 24 zuignappen op zitten die vacuüm gezogen worden.

Freestreek (x,y,z)	1395mm x 4500mm x 180mm
Aantal gereedschappen	18
Aanvoersnelheid	100mm/min
Rotatiesnelheid	20.000 rpm
Aanschafkosten	€50.000

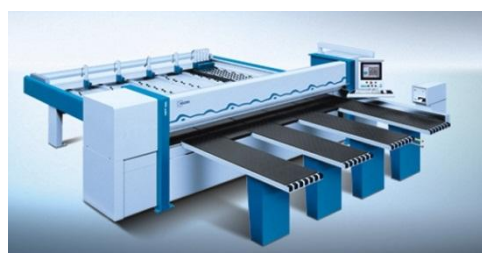


Biesse Rover 24

Holzma Optimat HPP

De machine die wordt gebruikt om kunststof platen te verzagen is de CNC gestuurde Holzma Optimat. Hiervan heeft Dewin er op dit moment twee staan. Eén met een zaaglengte tot 3100mm, en één met een zaaglengte van 5600mm. Deze laatste heeft de mogelijkheid om het te verzagen plaatmateriaal automatisch aan te voeren. De platen worden door middel van vacuüm gefixeerd.

Zaaglengte	3100mm – 5600mm
Nauwkeurigheid	0,2mm
Aanschafkosten	€150.000



Holzma Optimat HPP

2.4.2 Pezy

Pezy is een bedrijf dat ondersteund bij productinnovatie door het creëren van productconcepten, het ontwikkelen van producten en ondersteunen bij het opstarten van productie. Belangrijkste competentie van Pezy is de integrale manier van werken en hun specialisme in complexe kunststof producten. Hier kan een product concept van begin tot eind ontwikkeld worden, of kan er ondersteuning worden geboden tijdens een onderdeel van het product ontwikkeltraject. Dit komt onder andere door het grote netwerk van bedrijven waardoor Pezy ieder product concept kan realiseren. Belangrijkste bewerking die Pezy zelf kan uitvoeren is spuitgieten. Ook worden de matrijzen voor het spuitgieten door zelf ontwikkeld en vervaardigd. Dit kan een matrijs zijn voor een kleine serie die zelf spuitgegoten. Maar het kan ook gaan om een matrijs die uiteindelijk voor de productie van grotere series wordt gebruikt.

DEMAG Ergotech 5-I5	
Sluitdruk	500kN (50 ton)
Schroefdiameter	30mm



DEMAG Ergotech 5-I5

2.4.3 Philips Drachten

PHILIPS

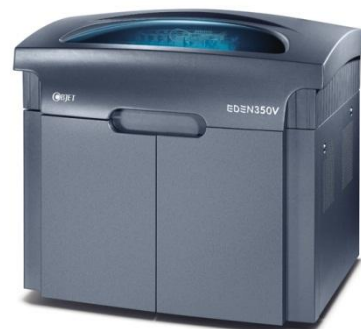
In drachten is een onderdeel van Philips gevestigd, waar onder andere shaving producten worden ontwikkeld en gemaakt. Daarnaast bieden zij ook ondersteuning voor de ontwikkeling van andere producten. In drachten is een grote modelshop aanwezig, waar naar eigen zeggen ieder visueel of functioneel model (ter grote van een hand) gemaakt kan worden. Ook is hier een speciale Rapid Prototyping Departement aanwezig.

Een van de disciplines die Philips in Drachten in huis heeft, is het vacuüm gieten. Alle thermoplasten kunnen hiermee verwerkt worden. De siliconen mal die hiervoor gemaakt wordt kan gebruikt worden voor 15 modellen. Bij grotere series zal spuitgieten dan de voorkeur hebben. Maximale afmeting van het product dat gemaakt kan worden met deze techniek is 500mm x 500mm x 500mm.

Objet Eden 330

Voor het snel genereren van prototypes, voor een relatief lage kostprijs wordt gebruik gemaakt van de Eden 300 printer. Deze printer biedt de mogelijkheid om snel een visueel of (beperkt) functioneel model te creëren. De materialen die verwerkt kunnen worden zijn benaderingen van het daadwerkelijke materiaal dat gebruikt zal worden.

Bouw grootte	340mm x 330mm x 200mm
Bouw resolutie	
X-as	600 dpi: 42•m
Y-as	300 dpi: 84•m
Z-as	1600 dpi: 16•m
Nauwkeurigheid	0.1-0.2mm
Minimale wanddikte	0.6mm
Aanschafkosten	€50.000



Objet Eden 330

2.4.4 CNC Speedform

CNC speedform is een bedrijf dat zich richt op de ondersteuning van productontwikkeling door het realiseren van modellen en prototypes. Door het uitgebreide machinepark en grote capaciteit, in combinatie met ervaring en expertise is het bedrijf in staat een heel breed spectrum aan disciplines en verwerkingen te realiseren. Het bedrijf werkt altijd klantgericht. Het bedrijf werkt nauw samen met de klant, en realiseert bovengemiddelde betrokkenheid, betrouwbaarheid en levertijdgarantie.

Om een inzicht te krijgen in de verschillende disciplines van het bedrijf, is hieronder een overzicht van het machinepark weergegeven.

Stereolitografie (SLA)

EOS Stereos Max 600	
Laagdikte	0,1 mm tot 0,4 mm
Bouwvolume(x,y,z)	600 mm x 600 mm x 400 mm

3D Systems Viper Si2	
Laagdikte	0,1 mm
Bouwvolume (x,y,z)	250 mm x 250 mm x 250 mm

Objet Eden 500V	
Laagdikte	0,016 mm tot 0,03 mm
Bouwvolume	500 mm x 400 mm x 200 mm



3D Systems Viper Si2



Objet Eden 500V

Lasersintering (SLS)

EOS EOSINT P380	
Laagdikte	0,15 mm
Bouwvolume(x,y,z)	360 mm x 360 mm x 610 mm

EOS EOSINT P730	
Laagdikte	0,12 mm
Bouwvolume (x,y,z)	700 mm x 580 mm x 380 mm

3D Systems Sinterstation Pro 230	
Laagdikte	0,1 mm
Bouwvolume	550 mm x 550 mm x 750 mm



EOS EOSINT P380



3D Systems Sinterstation Pro 230

Fused Deposition Modeling (FDM)

FDM Maxum	
Laagdikte	0,127mm tot 0,254mm
Bouwvolume(x,y,z)	600mm x 500mm x 600mm



FDM Maxum

Vacuüm gieten

HEK C001	
Bouwvolume(x,y,z)	400mm x 300mm x 400mm

HEK C004	
Bouwvolume(x,y,z)	1000mm x 800mm x 800mm

MK-System 2	
Bouwvolume(x,y,z)	870mm x 850mm x 800mm

MK-System 2XL	
Bouwvolume(x,y,z)	1900mm x 800mm x 800mm

MK mini	
Bouwvolume(x,y,z)	360mm x 430mm x 450mm



MK System 2 XL



MK Mini

Spuitsieten

Boy 22M 2280

Sluitdruk	220kN (22 ton)
Schroef diameter	16mm tot 32mm

Engel Victory 120

Sluitdruk	1200kN (120 ton)
Schroef diameter	25mm tot 50mm

Engel Victory 400

Sluitdruk	4000kN (400 ton)
Schroef diameter	50mm tot 90mm

Millutensil BV 26 (proefspuitpers)

Sluitdruk	20kN (2 ton)
-----------	--------------



ENGEL Victory 120



Boy 22M



Millutensil BV 26

CNC Frezen(3D)

HAAS Super-Mini-Mill

Aantal assen	3-assig
Freeseik (x,y,z)	460mm x 300mm x 250mm

Mori Seiki SV 500

Aantal assen	3-assig
Freeseik (x,y,z)	1020mm x 510mm x 510mm

Deckel Maho DMU 80P

Aantal assen	5-assig
Freeseik (x,y,z)	800mm x 700mm x 600mm

Deckel Maho DMU PI 25

Aantal assen	5-assig
Freeseik (x,y,z)	1250mm x 1000mm x 1000mm

Eima Omega

Aantal assen	5-assig
Freeseik (x,y,z)	2080mm x 2030mm x 730mm

Eima Gamma T

Aantal assen	5-assig
Freeseik (x,y,z)	3500mm x 2500mm x 1250mm



HAAS Super-Mini-Mill



Mori Seiki SV500



Deckel DMU 80P



Eima Gamma T

2.4.5 Europlex



Europlex is een bedrijf uit Roosendaal welke al 35 jaar actief is voor handel- in en bewerking van kunststof platen, buizen en blokken. Europlex heeft een uitgebreid machinepark waarmee vrijwel iedere kunststof plaat bewerking uitgevoerd kan worden. Daarnaast probeert het bedrijf constant te innoveren. In de nabije toekomst wordt bijvoorbeeld getracht het machinepark, en daarmee de disciplines van het bedrijf, uit te breiden met Waterjet Cutting, Vacuüm vormen en Digital Printing. Daarnaast is Europlex bezig met het voldoen aan de ISO9001/2008 kwaliteitsnormen. Zodra dit certificaat verkregen is, zal Europlex het project opstarten om binnen een jaar ook ISO14001 certificaten ten verwerven. Het onderstaande overzicht geeft de op dit moment aanwezige disciplines en machines weer binnen Europlex:

Zagen

Gabbiani Galaxy 105

Zaaglengte	4500mm
Diameter zaagblad	160mm en 380mm
Aanschafkosten	€100.000



Gabbiani Galaxy 105

Martin T74

Zaaglengte	3400mm
Diameter zaagblad	500mm
Aanschafkosten	€30.000



Martin T74

Altendorf F45

Zaaglengte	2900mm
Diameter zaagblad	550mm
Aanschafkosten	€30.000



Altendorf F45

Lasersnijden

SEI Personal Bravo 1531

Werkgebied(x,y)	1550mm x 3100mm
Snij snelheid (x,y)	500mm/s
Nauwkeurigheid	0,05mm



SEI Personal Bravo 1531

SEI Mercury 603 (+rastergravuren)

Werkgebied(x,y)	1630mm x 3080mm
Snij snelheid (x,y)	2000mm/s
Nauwkeurigheid	0,05mm



SEI Mercury 603

SEI Dragon (+rastergravuren)

Werkgebied(x,y)	700mm x 500mm
Snij snelheid (x,y)	2000mm/s
Nauwkeurigheid	0,1mm



SEI Dragon

CNC Frezen

Morbidelli Author 430S

Freesbereik (x,y,z)	3470mm x 1400mm x 280mm
Aantal gereedschappen	12
Aantal assen	3-assig
Rotatiesnelheid	18.000 rpm
Aanschafkosten	€60.000



Morbidelli Author 430S

Buigen

Shannon HRP (125/220/300)

Buiglengte	1250mm/2200mm/3000mm
Plaatdikte	1mm tot 20mm
Verhitting	Boven en onder



Shannon HRP 220

2.4.6 Polymess

Polymess is een bedrijf dat zich specialiseert in vacuüm vormen. Naast het vacuüm vormen zelf heeft Polymess nog een aantal andere disciplines in huis. Zo ondersteunt het bedrijf bij het ontwerp, de engineering en analyse van een 3D CAD model. Om op deze manier het ontwerp te optimaliseren voor het vacuüm vormen. Het maken van de uiteindelijke matrijs wordt door Polymess uitbesteed. Ook heeft Polymess de mogelijkheid om te frezen, monteren en eventuele nabewerkingen uit te voeren om zo een kant-en-klaar eindproduct af te kunnen leveren.

Vacuüm vormen

Illig UA100	
Vorm oppervlak	960mm x 660mm
Vorm hoogte	300mm
Plaat dikte(max.)	5mm

Illig UA225	
Vorm oppervlak	2250mm x 1250
Vorm hoogte	600mm
Plaat dikte(max.)	12mm

Illig UA250	
Vorm oppervlak	2450mm x 1450mm
Vorm hoogte	700mm
Plaat dikte(max.)	10mm

Villa BR/3 I512	
Vorm oppervlak	1750mm x 1200mm
Vorm hoogte	700mm
Plaat dikte(max.)	12mm



Illig UA250

CNC Frezen

Geiss FZ	
Freesbereik (x,y,z)	1000mm x 600mm x 335mm
Aantal assen	5-assig
Rotatiesnelheid	21.600 rpm
Aanschafkosten	€80.000

CMS PK48 TUCU	
Freesbereik (x,y,z)	4800mm x 1650mm x 850mm
Aantal assen	5-assig



Geiss FZ

2.4.7 Formit



Formit is een bedrijf dat zich richt op het ontwerp, de ontwikkeling en productie van kunststof behuizingen zonder gebruik te maken van mallen en/of matrijzen. Het machinepark van Formit is kleinschalig, maar dusdanig uitgebreid dat een dergelijk product van begin tot eind vervaardigd kan worden. Hieronder een overzicht van het machinepark. Het overzicht heeft een lager detail dan voorgaande overzichten, omdat een aantal machines zelfbouw zijn en omdat een meer volledig overzicht niet beschikbaar is.

- *Datron vlakbedfreesmachines: freesoppervlak variërend van 1000mm x 750mm tot 2500mm x 1500*
- *Zelfbouw vlakbedfreesmachines: freesoppervlak variërend van 500mm x 500mm tot 1000mm x 1000mm*

- *Scheppach zaagmachine*

- *Schallberger facetteermachine*

- *Roland graveermachine: bereik 600mm x 400mm*

- *Zelfbouw buigbank: buiglengte 1000mm*

- *Roland LED UV printer (printen van logo's en teksten): bereik 305mm x 280mm x 100mm*

2.5 Shortlist

Alle resultaten en informatie die is verkregen in de voorgaande stappen van het onderzoek zijn verwerkt in een matrix. In deze matrix worden de overgebleven technieken afgezet tegen de evaluatiecriteria. Op deze manier kan de shortlist tot stand komen. Deze lijst bestaat uit de uiteindelijke technieken die nuttig zijn voor Philips Lighting.

In de eerste kolom zijn alle technieken weergegeven. De met groen aangegeven technieken vormen de shortlist. De technieken zijn onderverdeeld in vier categorieën. In de bovenste rij van de matrix staan de evaluatiecriteria weergegeven met de bijbehorende weegfactor. Door het invullen van de matrix met behulp van de informatie die is verkregen uit het onderzoek, zijn de technieken van de shortlist verkregen*.

**de matrix is een model wat in de toekomst steeds aangepast kan en zal worden. Nieuwe technieken, nieuwe behoeften of nieuwe invalshoeken kunnen hier de aanleiding voor zijn. Met name met het oog op de future state biedt de matrix een goed uitgangspunt*

evaluation criteria (1...5, higher is better)

		general										customization														
evaluation criteria (1...5, higher is better)	weight	Functional usability optical parts					Functional usability housing parts					Functional usability models and small series					outsourcing opportunity					Flexibility, capacity extension				
		5	sum	5	sum	4	sum	2	sum	1	sum	4	sum	2	sum	2	sum	2	sum	4	sum	2	sum	2	sum	
primary shaping		122	sum	121		117		116		114		110		81		78		74		70		66		sum		
3D milling		5	25	1	5	5	20	3	6	2	2	4	16	2	12	3	12	1	12	4	20	3	6	5	10	
SLS		3	15	4	20	4	16	4	8	2	2	4	20	3	12	2	8	2	16	3	12	1	6	3	6	
vacuum casting		4	20	4	20	1	4	3	6	5	5	3	15	5	20	3	12	2	8	5	20	1	6	2	6	
injection molding		2	10	3	15	5	20	3	6	2	2	5	25	4	20	3	12	1	12	4	20	1	6	4	8	
SLA		1	5	4	20	5	20	4	8	3	3	4	20	2	10	1	4	1	4	2	8	2	6	2	4	
FDM		1	5	3	15	3	12	2	4	3	3	2	10	3	15	2	8	1	8	2	10	1	6	4	8	
bending		1	5	3	15	2	8	3	6	3	3	3	15	2	10	3	12	1	4	2	8	2	6	4	8	
vacuumforming		3	15	2	10	3	12	2	4	3	3	2	10	3	15	2	8	1	4	1	4	2	6	4	8	
thermoforming		1	5	2	10	3	12	2	4	3	3	2	10	2	8	1	4	1	4	2	8	1	6	3	6	
cold bending		1	5	2	10	3	12	2	4	3	3	2	10	2	8	1	4	1	4	2	8	1	6	3	6	
rotational molding		1	5	2	10	2	8	2	4	3	3	2	10	2	8	1	4	1	4	2	8	1	6	3	6	
separating		124		110		109		108		95		78		124		110		109		95		78		sum		
milling		4	20	4	20	4	16	5	10	2	2	2	10	4	16	5	10	4	16	4	20	3	6	4	8	
drilling		3	15	3	15	4	16	5	10	2	2	2	10	4	16	4	16	4	16	4	20	3	6	4	8	
laser cutting		4	20	3	15	3	12	3	6	3	3	3	15	3	12	3	12	3	12	3	12	4	6	3	6	
cutting		3	15	3	15	4	16	5	10	2	2	2	10	4	16	4	16	4	16	4	20	3	6	4	8	
waterjet cutting		2	10	3	15	3	12	3	6	3	3	3	15	2	8	3	12	3	12	2	8	3	6	3	6	
turning		1	5	1	5	4	16	3	6	2	2	2	10	4	16	3	12	2	8	4	20	1	6	4	8	
connecting		120		89		83		82		120		120		120		120		120		120		120		sum		
bonding		4	20	4	20	3	12	3	6	2	2	4	20	3	12	3	12	3	12	3	12	3	6	4	8	
mirror welding		2	10	3	15	4	16	3	6	2	2	2	10	3	12	3	12	2	8	3	12	2	6	3	6	
ultrasonic welding		2	10	3	15	1	4	3	6	4	4	2	10	3	12	3	12	3	12	3	12	2	6	3	6	
friction welding		2	10	3	15	1	4	3	6	3	3	2	10	3	12	3	12	3	12	3	12	2	6	3	6	
finishing		128		107		128		107		128		107		128		107		128		107		128		sum		
polishing		5	25	2	10	4	16	4	8	3	3	4	20	5	20	2	8	2	8	5	20	2	6	4	8	
engraving		2	10	3	15	3	12	4	8	3	3	3	15	4	16	2	8	2	8	4	16	2	6	4	8	
sum general	1081	285	340	304	152	335	288	102	136	138	160	1159	1081													

2.6 Conclusie

Een van de belangrijkste eindresultaten van dit onderzoek is deze matrix, met daarin de nuttige technieken voor Philips Lighting. Op de shortlist staan de volgende technieken:

- 3D Frezen
- Selective laser sintering
- Vacuüm gieten
- Spuitgieten
- Stereolithografie
- Fused deposition modeling
- Frezen
- Lijmen
- Polijsten

Met deze technieken kan Philips Lighting nagenoeg alle onderdelen van kunststof voor modellen en kleine series maken of laten maken.

3 Test

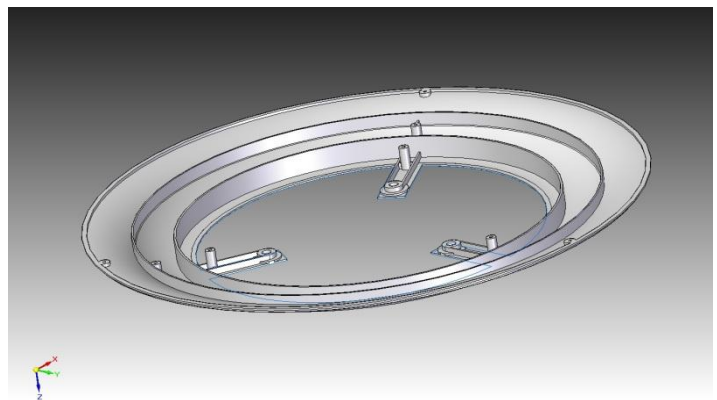
De laatste stap van het onderzoek is het testen van het eindresultaat. Het is belangrijk om vast te stellen of het verkregen advies ook daadwerkelijk nuttig is voor Philips Lighting. Deze test zal dus dienen als verificatie en argumentatie van het verkregen eindresultaat. Ook zal deze test eventuele fouten of inconsistenties aan het licht brengen.

De test is uitgevoerd aan de hand van 4 (fictieve) projecten die zijn vormgegeven. Hierin is een behuizingsonderdeel opgenomen, 2 relatief simpele optische onderdelen en 1 gecompliceerd optische onderdeel (een lens). Per project zullen 2 seriegroottes worden onderzocht. Een kleinere (± 100) en een relatief grotere serie (± 1000). Dit is gedaan om een onderscheid te maken in verschillende seriegroottes. Ook kunnen op deze manier de *cost drivers* in kaart worden gebracht; vanaf welke seriegrootte is het voordeliger om over te stappen naar een andere verwerkingstechniek. De andere belangrijke test criteria is de omlooptijd: hoelang duurt het voordat een dergelijke order geleverd kan worden door een bepaalde leverancier met gebruik van een bepaalde verwerkingstechniek. Er is besloten om de modellen buiten deze test te laten vallen. Dit omdat er op het moment van het onderzoek een concrete vraag was naar een aantal van deze onderdelen in de genoemde series. In een vervolgonderzoek zal wellicht de uitsplitsing tussen modellen en kleine series nog verder kunnen worden uitgediept. Hieronder een korte beschrijving van de projecten:

3.1 Test projecten

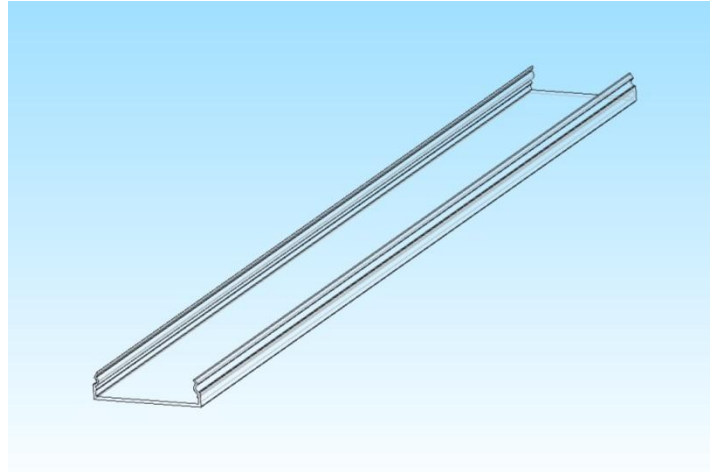
Project “Dayzone”

Dit is een kunststof behuizingsonderdeel voor de Dayzone Suspended. Het is een grote afdekkap in het armatuur. Van dit onderdeel wordt een serie van 100 stuks en een serie van 1000 stuks getest.



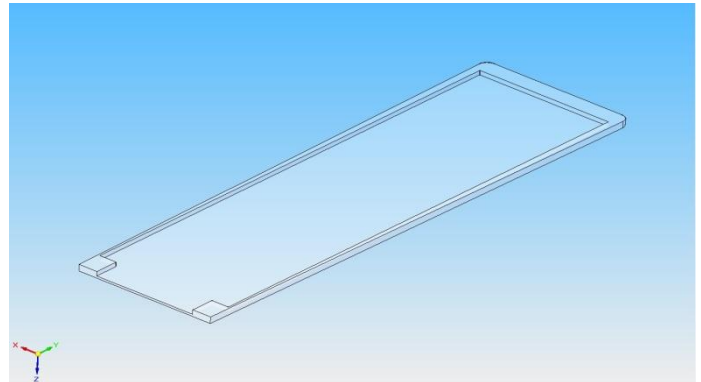
Project “Klikkoffer”

Dit is een optisch klik onderdeel welke in veel armaturen verwerkt wordt. Op dit moment is er slechts één afmeting beschikbaar. Dit komt omdat dit onderdeel met behulp van dieptrekken vervaardigd wordt, en daarom in zeer grote series wordt ingekocht. Vandaar dat het interessant is om te kijken naar welke mogelijkheden er zijn om dit onderdeel in kleinere series, en met andere afmetingen te kunnen maken. Ook van dit onderdeel wordt een serie van 100 stuks en een serie van 1000 stuks getest. Het te testen onderdeel is aangepast. Dat wil zeggen van het originele onderdeel zijn de maten veranderd, om te testen of andere maten mogelijk zijn.



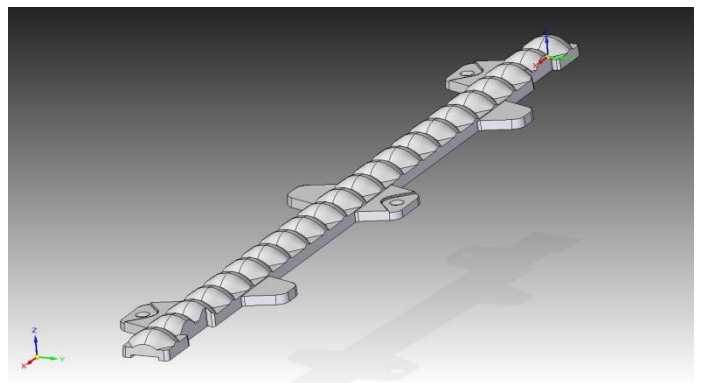
Project “Flexpole”

Ook dit project is een optisch onderdeel, verwerkt in de Flexpole: een armatuur gebaseerd op de Free Force Standing. Ook dit onderdeel zal getest worden in een seriegrootte van 100 stuks en 1000 stuks.



Project “Lens”

Dit is een project van een optisch onderdeel wat in de toekomst verwerkt gaat worden in verschillende LED armaturen. Op het moment van het onderzoek liep er een project waar de ontwikkelaars deze lens graag in geïntegreerd zagen. Mede om deze reden is dit onderdeel meegenomen in deze test, om te kijken welke concrete mogelijkheden er zijn voor het realiseren ervan. Om deze reden wijken de seriegroottes af van de voorgaande seriegroottes, namelijk 60 en 3000 stuks. Deze aantallen zijn gekozen omdat 60 lenzen nodig zijn voor 2 volledige armaturen. 3000 lenzen zijn nodig voor de volledige eerste order.



3.2 Leveranciers

De volgende stap in de test is leveranciers benaderen om zo vast te stellen op welke wijze de verschillende onderdelen vervaardigd kunnen worden. Voor deze test zijn de volgende leveranciers benaderd:

CNC Speedform – alle projecten

Pezy Group – alle projecten (als consulterende leverancier)

Europlex – project “Flexpole”

Formit – project “Klikkoffer”

Naar deze leveranciers zijn de verschillende onderdelen gestuurd met een offerte aanvraag. Daarnaast zijn levertijd, maakbaarheid en welke techniek wordt aangeraden gevraagd*. De bouwtekeningen van de onderdelen zijn terug te vinden in de bijlage.

3.3 Resultaten

Eerste noemenswaardige resultaat wat naar voren komt uit de test is dat spuitgieten de meest voor de hand liggende keuze is voor series vanaf 1000 stuks. Vrijwel iedere vorm en een groot aantal afmetingen kunnen hiermee vervaardigd worden. Ook leent deze techniek zich uitstekend voor de verwerking van thermoplasten, en dus ook PC en PMMA welke centraal staan in dit onderzoek. De belangrijkste cost driver is de matrijs. Deze is erg duur om te laten maken, vooral bij grotere onderdelen. De matrijs die nodig is om het Dayzone onderdeel te spuitgieten kan oplopen tot €35.000. Echter, deze kosten worden maar één keer gemaakt waarna de kosten per product afneemt met dat de seriegrootte toeneemt. Uitstekend toepasbaar wanneer er van een bepaald onderdeel in de toekomst meer of grotere series verwacht worden. Levertijd van spuitgietonderdelen (incl. het vervaardigen van een matrijs) ligt tussen de 4 en 8 weken, afhankelijk van de grootte en complexiteit van het product.

Voor de kleinere series (tot 100 stuks) leent het vacuüm giet proces zich het beste. Alle genoemde onderdelen kunnen hiermee vervaardigd worden. Cost driver in dit proces is het maken van de siliconenmatrijs waar het product in gegoten wordt. Hiervoor dient eerst het product zelf gemaakt te worden met behulp van stereolithografie. Deze Rapid Prototype techniek wordt gebruikt omdat dit de beste oppervlakte kwaliteit geeft. Maken van een dergelijk onderdeel ligt rond de €100. Het aantal onderdelen kan variëren; een stereolithografie-prototype kan gebruikt worden om twee siliconen matrijzen mee te maken. Deze siliconenmatrijzen kosten tussen de €50 en €100 per stuk. Met één siliconenmatrijs kunnen maximaal 20 producten worden gegoten.

*door tijdgebrek zijn de resultaten van de test beperkt, en verdienen een vervolg. Hierover meer in de aanbevelingen.

Voor het project Lens zijn 2 stereolithografie prototypes nodig om 4 siliconenmatrijzen te maken (er worden altijd ongeveer 10% meer producten gegoten om eventuele fouten eenvoudig en snel te verhelpen). De kosten van 60 stuks komen op €36 per stuk. Levertijd hiervan is 6 weken, wat ook de gemiddelde levertijd is voor een vacuüm gegoten product en dus van seriegroottes tot 100 stuks. Voor het spuitgieten van 3000 stuks wordt de kostprijs per stuk veel lager: €7. Ook hierin is de matrijs de belangrijkste cost driver. De stukprijs neemt natuurlijk af naarmate de seriegrootte toeneemt. Spuitgieten zou voor het lopende project een mogelijkheid zijn als het een grotere serie betreft. Dit is niet ondenkbaar aangezien deze lens (wellicht na verdere ontwikkeling) toegepast zal worden in meer armaturen. Echter is de kostprijs op dit moment niet haalbaar in het lopende project bij Philips Lighting.

Voor het project Flexpole blijkt uit onderzoek dat spuitgieten mogelijk is, maar niet het efficiëntst. Kosten hiervan, en die van het vacuüm gieten van dit onderdeel, zijn dermate hoog in vergelijking met een combinatie van frezen en lijmen. Het product kan niet uit één stuk vervaardigd worden, omdat dan de optische oppervlakte kwaliteit niet toereikend is (de frees zal de oppervlakte beschadigen). Om deze reden wordt de bovenste rand gefreesd, en vervolgens gelijmd op het onderste oppervlak. Cost driver van deze techniek zijn de manuren. Vooral het lijmen, wat deels met de hand gebeurt. Kostprijs van 1000 stuks €24 (2 cent per stuk). Levertijd voor deze order is ongeveer 6 weken.

Pezy Group had een consulterende rol in deze test, omdat de daadwerkelijke productie van de producten niet of nauwelijks bij Pezy zelf uitgevoerd kon worden. Belangrijkste gegevens die uit de communicatie met Pezy kwam was niet zo zeer welke technieken het beste waren om de verschillende producten te maken, maar het ontwerpaspect van de producten. Het is namelijk erg belangrijk dat al in een vroeg stadium van het ontwerpproces wordt nagedacht over de productiemogelijkheden. Op deze manier kan het product ontwerp hierop aangepast en geoptimaliseerd worden. Dit is, aldus Pezy, bij de verschillende projecten in de test weinig of niet het geval. Bijvoorbeeld zou het kunnen dat als het behuizingsonderdeel van de Dayzone opgedeeld werd in kleinere stukken het productieproces veel efficiënter en goedkoper zou kunnen.

3.4 Conclusie

Uit de test blijkt dat de onderdelen gemaakt kunnen worden met de volgende technieken:

- Vacuüm gieten
- Spuitgieten
- Stereolithografie
- Frezen
- Lijmen

Naast deze technieken is het ook belangrijk dat in een vroeg stadium van de ontwikkeling van een product of onderdeel er al wordt nagedacht over de mogelijke verwerkingstechnieken. De resultaten van dit onderzoek kunnen de kennis binnen Philips Lighting vergroten. Waardoor kunnen er in de toekomst ook daadwerkelijk productontwerpen worden gemaakt met de mogelijke verwerkingstechnieken en de voor en nadelen ervan in het achterhoofd.

De testresultaten zijn verwerkt in het eindresultaat van het onderzoek: de matrix (te zien op de volgende pagina). Er kan dus gesteld worden dat de test goed verlopen is. Met de test zijn namelijk dingen aan het licht gekomen die nog niet eerder opgemerkt waren. Ook heeft de test ervoor gezorgd dat het eindresultaat bijgesteld en beter onderbouwd is.

Omdat deze test zich heeft beperkt tot de kleine series, zijn de verwerkingstechnieken voor modellen buiten beschouwing gelaten. Kanttekening aan de matrix in dit stadium is dus dat, met de gegevens uit het onderzoek, er meer technieken op de shortlist staan. Deze technieken zijn de volgende:

- 3D Frezen
- Selective laser sintering
- Fused deposition modeling

Deze technieken lenen zicht uitstekend voor behuizings- en optische modellen binnen Philips Lighting.

primary shaping	weight	sum
-----------------	--------	-----

54

4 Conclusies en aanbevelingen

De eindresultaten van dit onderzoek zijn de volgende:

- Matrix met shortlist kunststof verwerkingstechnieken.
- Overzicht mogelijke leveranciers en partners
- Overzicht machines

De matrix met daarin de shortlist geeft de technieken weer die nuttig zijn voor Philips Lighting, voor de verwerking van kunststof voor modellen en kleine series in armaturen. Zoals eerder aangegeven is de matrix een interactief model wat kan en zal blijven veranderen op basis van nieuwe gegevens.

De technieken die op de shortlist staan vormen, samen met de rest van de informatie over deze technieken in dit onderzoek, een belangrijk informatiedossier voor Philips Lighting waaruit de ontwikkelaars kunnen putten. Tijdens de ontwikkeling kan deze informatie helpen bij het optimaliseren van productontwerpen voor productie. Daarnaast geeft de shortlist de technieken weer waar de verschillende bestaande en toekomstige producten en onderdelen mee gerealiseerd kunnen worden. De laatste drie technieken zijn uitsluitend geschikt voor modellen:

- Vacuüm gieten
- Spuitgieten
- Stereolithografie
- Frezen
- Lijmen

- 3D Frezen
- Selective laser sintering
- Fused deposition modeling

Het overzicht van de verschillende leveranciers waar de technieken en de expertise te vinden is, vormt ook een belangrijke informatiebron tijdens het ontwerpproces voor kunststof onderdelen. Ook kan deze informatie helpen bij het opstellen van zogenaamde “preferred suppliers”. De leveranciers waar Philips veel zaken mee doet. Op dit moment zijn er natuurlijk al zulke leveranciers. Met het gebruik van de technieken op de shortlist komen wellicht nieuwe leveranciers aan het licht, die in de toekomst uit kunnen groeien tot preferred suppliers. Naast de leveranciers is er ook een belangrijk consulterend bedrijf, die de moeite van vermelden waard is: Pezy. Pezy heeft meerdere malen aangegeven zeer geïnteresseerd te zijn in de ondersteuning van ontwerpprojecten en toekomstige samenwerking met Philips Lighting. Ook heeft Pezy, tijdens verschillende discussiesessies bewezen bepaalde expertises en kennis in huis te hebben die Philips Lighting kan helpen bij de ontwikkeling van armaturen.

Het overzicht van de machines vormt ook een zeer nuttig dossier voor Philips Lighting. dit overzicht zorgt voor inzicht in wat de verschillende leveranciers in huis hebben en op welke manier kunststof verwerkt wordt. Daarnaast kan het in de toekomst helpen bij het aanschaffen van technieken, als de beslissing gemaakt wordt een bepaalde verwerking in huis uit te gaan voeren doordat er steeds meer behoefte aan deze verwerking is. In eerste instantie zal frezen hiervoor in aanmerking kunnen komen. Dit omdat er op dit moment al erg veel behoefte is aan deze verwerking binnen Philips Lighting.

Aan de start van dit onderzoek, is een doelstelling geformuleerd:

Het doel van de opdracht is een advies uitbrengen in hoeverre er toepassingsmogelijkheden zijn voor kunststof onderdelen die verwerkt worden in modellen en kleine series en welke toegepast kunnen worden in armaturen binnen Philips, door een onderzoek te doen naar de mogelijke oplossingen voor kunststofverwerking en de mogelijkheden tot toepassing hiervan binnen Philips met afweging van verschillende technieken en onderbouwing van het uiteindelijke advies om voor Philips een aannemelijk en nuttig voorstel te doen voor het integreren van deze technieken.

Aan de hand van de resultaten van het onderzoek is het doel bereikt. Het integratieplan is echter niet aan bod gekomen. Dit komt doordat er tijdens het onderzoek bleek dat de vraag naar eventuele integratie van technieken, het in huis uitvoeren van verwerkingen, niet aan de orde is. Wellicht zal dit in de toekomst veranderen.

Ook was er een programma van eisen geformuleerd; een lijst met eisen waaraan het voorstel moet voldoen. Het uiteindelijke voorstel moest:

- PC en PMMA kunnen verwerken
- Verspanende bewerkingen uitvoeren
- Verbindende bewerkingen uitvoeren
- Flexibel zijn
- Snel zijn
- Nauwkeurig zijn
- Kwaliteit afleveren
- Kosten niet verhogen
- Integreerbaar zijn

Er is al aangegeven dat deze eisen lastig toetsbaar zijn. Daarom zijn deze eisen ook vertaald naar evaluatiecriteria. Toch kan gezegd worden dat het uiteindelijke voorstel aan het programma van eisen voldoet. Niet iedere techniek voldoet aan alle eisen, daarom bestaat het voorstel ook uit meerdere technieken. De volledige set met technieken kan aan alle eisen voldoen. De laatste twee eisen zijn op de achtergrond geraakt tijdens het onderzoek. Dit komt omdat bleek dat dit eigenlijk geen harde eis was vanuit Philips Lighting. Dat wil zeggen; niet voor dit eerste onderzoek. Uiteindelijk zullen ook deze eisen een rol gaan spelen, maar niet in deze fase van het onderzoek.

Dit onderzoek is niet het einde van de rit. Het dient als eerste stap naar de zogenaamde “future state”. Philips Lighting is aan het veranderen naar een “Customized Solution Center”. Hierdoor wordt er veel onderzoek gedaan naar technieken die nodig zijn in de toekomst om flexibeler naar de klant toe te zijn. De conclusies die in dit onderzoek gemaakt zijn dienen als start voor verder onderzoek. Ook om deze reden zal de matrix steeds bijgesteld, aangepast en aangevuld worden. Het laatste onderdeel van het onderzoek was de test. Ook deze test verdient meer aandacht. Door tijdgebrek is de test niet in een groter detail uitgevoerd. Het is zaak de matrix en de shortlist te blijven testen aan de hand van nieuwe en veel voorkomende onderdelen. Op deze manier kan een uiteindelijk overzicht gevormd worden welke ook in de future state, het Customized Solution Center, nuttig is voor Philips Lighting.

Daarnaast is het aanbevelenswaardig om verder onderzoek te doen naar verschillende leveranciers. In de test zoals deze nu uitgevoerd is, is slechts gebruik gemaakt van een klein aantal leveranciers. Het is zeer goed mogelijk dat er meer leveranciers zijn die zich beter lenen voor een samenwerking met Philips Lighting. Ook dit zal uit verder onderzoek moeten blijken.

Als laatste is het natuurlijk van belang dat er getracht wordt om in de toekomst op de hoogte te blijven van ontwikkelingen en nieuwe technieken op het gebied van kunststofverwerking.

5 Nawoord

De opdracht heeft zeker een goed resultaat opgeleverd. Zowel voor Philips Lighting als voor de student voor de Bachelor eindopdracht. De opdracht was zeer uitdagend, en veel vaardigheden die opgedaan zijn tijdens de opleiding Industrieel Ontwerpen konden gebruikt worden. De opdracht was ook motiverend, omdat de vraag vanuit Philips Lighting erg groot was. Door het uitvoeren van de opdracht kon er kennis worden toegevoegd aan een groot bedrijf als Philips.

Daarnaast bood Philips Lighting tijdens het uitvoeren van de opdracht ook secundaire taken waarbij andere vaardigheden die binnen de opdracht niet of nauwelijks gebruikt werden. Deze taken waren vooral op grafisch gebied. Er zijn meerdere presentaties vorm gegeven met verschillende uitgangspunten. Ook zijn er voor de Specials Group een aantal posters ontworpen om een aantal lopende en reeds gerealiseerde projecten te kunnen presenteren voor leidinggevend en klanten. Dit bood een leuke manier om af en toe met wat anders bezig te zijn.

Begrippenlijst

MLO	Kunststof afdekplaat voor TL en LED armaturen. In de meeste gevallen in plaats van een diffuser.
FAP	Fast Action to Problem. Een meeting die iedere dag plaatsvindt met verschillende belanghebbenden bij opdrachten. Hierin worden directe problemen aangekaart, en wordt er direct een oplossing voor gevonden.
QDL	Afdeling die de kwaliteit, in de breedste zin van het woord, waarborgt.
ETO	Engineer to order. De afdeling die, op korte termijn, ontwerpen maakt op basis van specifieke opdrachten van klanten.
Model	<i>Een model is een prototype van het uiteindelijke product, van 1 tot 10 stuks. Een model is onder te verdelen in 2 categorieën: <u>Productie (intern) model</u>: model dat gemaakt wordt op basis van ontwerp, ter controle alvorens de gehele serie gemaakt gaat worden. <u>Commercieel (extern) model</u>: model dat gemaakt wordt voor de klant. Dit wordt zo snel mogelijk naar de klant gestuurd als voorbeeld.</i>
Kleine serie	<i>Een kleine serie is een serie tot 5000 stuks. Series groter dan dit aantal worden gezien als grote serie of productie.</i>
I2NC	Een algemene codesysteem voor alle producten binnen Philips. Ieder onderdeel heeft zijn eigen I2NC code, die is geregistreerd in het SAP systeem.
Simply derived	Een simpele afgeleide van een standaard product van Philips. Een standaard TL armatuur bijvoorbeeld, waarbij de wens van de klant is dat het armatuur andere afmetingen heeft. Hiervoor is geen apart productie model voor nodig.
Derived	Een afgeleide van een standaard product van Philips. Een armatuur wat op wel gebaseerd is op een standaard armatuur maar op significante punten anders is. Voor deze producten wordt een nieuw model gemaakt alvorens de gehele serie gemaakt gaat worden.
Special	Een totaal nieuw product wat nog niet in de standaard product lijn van Philips zit. Dit zijn over het algemeen langere projecten, met meer vrijheid. Voorbeelden van producten die vanuit een special zijn ontwikkeld zijn de LumiStone en de PetrolLed.

Referenties en bronnen

Literatuur:

Plucker, A (2011), *Strategie en Omgeving*, Winterswijk: Philips Lighting

Philips Nederland B.V. sector licht (2011), *Licht Pocket 2011*, Eindhoven: Koninklijke Philips Electronics

Kals, H.J.J. e.a. (2007), *Industriële Productie: Het voortbrengen van mechanische producten* (4^e herziende druk), Den Haag: Sdu uitgevers

Littrell, R (2009), *Guide for a Case Analysis Report*, New Zealand: Auckland University of Technology

Interne bronnen:

Organism Charter Winterswijk (2010)

Internet bronnen:

www.lighting.philips.nl, bezocht van 16-04-2012 – 04-05-2012

www.wikipedia.org bezocht van 07-05-2012 – 25-05-2012

www.polymess.nl, bezocht van 07-05-2012 – 25-05-2012 en op 01-05-2012

www.thermoforming.nl, bezocht van 07-05-2012 – 25-05-2012

www.eriks.nl, bezocht van 07-05-2012 – 25-05-2012 en op 01-05-2012

www.cnc-ag.de, bezocht van 07-05-2012 – 25-05-2012 en op 01-05-2012

www.europlex.nl, bezocht van 07-05-2012 – 25-05-2012 en op 01-05-2012

www.formit.nl, bezocht van 07-05-2012 – 25-05-2012 en op 01-05-2012

www.pezy.nl, bezocht van 07-05-2012 – 25-05-2012 en op 01-05-2012

www.dewin.biz, bezocht van 07-05-2012 – 25-05-2012 en op 01-05-2012

www.heku.nl, bezocht van 07-05-2012 – 25-05-2012 en op 01-05-2012

www.allplast.nl, bezocht van 07-05-2012 – 25-05-2012 en op 01-05-2012

www.cnc-speedform.de/download/machineblad.pdf, bezocht op 05-06-2012

Bijlagen

Bijlage I – Plan van aanpak

Actoranalyse

Philips Lighting richt zich op de ontwikkeling en realisatie van licht oplossingen voor bedrijven. Dit kunnen bijvoorbeeld sporthallen, kantoorruimtes of supermarkten betreffen. Binnen Philips wordt het eindproduct ook vervaardigd en geassembleerd. Dit is voor een deel het verwerken van concrete ontwerp aanvragen. Deze opdrachten worden binnen een aantal weken verwerkt en gerealiseerd. Een ander deel zijn de zogenaamde specials, waarbij een nieuwe en innovatieve oplossing wordt gevonden.

Philips streeft altijd naar ontwikkeling en optimalisatie van de ontwikkeling en vervaardiging van producten. Op dit moment bestaan de meeste producten uit zowel metaal en kunststof. De onderdelen van metaal worden binnen Philips zelf vervaardigd. De vervaardiging van de kunststof onderdelen wordt uitbesteed. Philips wil graag te weten komen of en zo ja welke mogelijkheden er zijn voor het vervaardigen van deze kunststof onderdelen die gebruikt worden in modellen (enkele stuks) en kleine series (tot 5000 stuks).

Projectkader

Het doel is een overzicht te creëren van de mogelijke opties voor het verwerken van kunststof, en hoe deze binnen Philips gerealiseerd kunnen worden. Hierbij is de opdracht om in een zogenaamde “lege weide” te gaan staan. Dat wil zeggen dat er geheel objectief gekeken gaat worden naar welke mogelijkheden er zijn op het gebied van kunststofverwerking.

Het gaat dus om de kunststofverwerkingsvrijheid voor modellen en kleine serie producten. Binnen Philips wordt er gesproken van twee soorten modellen; productie (interne) modellen en commerciële (externe) modellen. De productiemodellen zijn producten volgens de ontworpen tekeningen. Deze modellen zijn een laatste test voordat de uiteindelijke oplage gemaakt gaat worden. De commerciële modellen worden gebruikt om naar de klant te sturen als uiteindelijke product. Daarnaast is er ook nog een toepassingsgebied voor kunststof in kleine serie producten binnen het projectkader. Dit kunnen bijvoorbeeld specials zijn.

Verschillende actoren binnen het projectkader hebben belangen bij deze opdracht. Belangrijkste actor zijn de verschillende ontwikkel afdelingen. Hier worden de nieuwe producten ontwikkeld en kan dus veel hebben aan het eindresultaat van dit onderzoek. Daarnaast moet de werkplaats bepaalde onderdelen (eventueel) zelf gaan maken met behulp van de nieuwe techniek(en). Ook de directie kan gezien worden als actor. Dit omdat de directie de uiteindelijke verandering in de huidige situatie moet goedkeuren en de financiering hiervan moet realiseren.

Vanuit Philips is het geluid over het algemeen positief, en is er zeker een vraag naar een duidelijker beeld van wat er mogelijk is, en op welke manier. Moet het eindresultaat een objectief en totaal beeld geven van de mogelijkheden.

Er zijn binnen Philips al meerdere ideeën hierover geweest. Ook zijn er al meerdere opzetjes gemaakt. Dat wil zeggen, er is al een vrij algemeen overzicht van mogelijke oplossingen aanwezig. Dit is echter een overzicht met alle oplossingen die er zijn wat betreft het verwerken van kunststof. Philips denkt zelf aan een specifiek overzicht van de mogelijkheden, en wanneer een bepaalde techniek voor de hand ligt.

Doelstelling

Het doel van de opdracht is een advies uitbrengen in hoeverre er toepassingsmogelijkheden zijn voor kunststof onderdelen die verwerkt worden in modellen en kleine series en welke toegepast kunnen worden binnen Philips, door een onderzoek te doen naar de mogelijke oplossingen voor kunststofverwerking en de mogelijkheden tot toepassing hiervan binnen Philips met afweging van verschillende technieken en onderbouwing van de uiteindelijke oplossing om voor Philips een aannemelijk en nuttig voorstel te doen voor het integreren van deze technieken.

Dit zal gedaan worden door te analyseren welke kunststof verwerkingen er uitgevoerd dienen te worden, en uitgevoerd zouden kunnen gaan worden in de toekomst. Om vervolgens te onderzoeken welke mogelijkheden er zijn voor deze kunststof verwerking. Deze bevindingen zullen gebruikt worden als advies, onderbouwd argumentatie van het voorstel. Dit alles zal plaatsvinden binnen een tijdsbestek van drie maanden.

Eindresultaat

Het eindresultaat zal een advies naar Philips Lighting toe zijn. Dit advies bestaat uit een overzicht met technieken die voor Philips nuttig zijn voor de ontwikkeling en realisatie van modellen en kleine series. Daarnaast zal het eindresultaat bestaan uit een overzicht van welke techniek waar te realiseren is. Deze informatie zal voorkomen uit het Field Research. Dit advies zal onderbouwd worden door de bevindingen uit het onderzoek, en de toetsing van dit resultaat aan de hand van een aantal (fictieve) projecten. In deze toetsing zal gekeken worden of het advies nuttig is voor Philips, en bruikbaar is tijdens de productontwikkeling.

Centrale vragen

- Wat zijn de eisen en wensen van Philips waar de verwerkingstechniek aan moet voldoen?
 - *Welke technische eigenschappen moet de oplossing mogelijk maken?*
 - *Welke kunststof bewerkingen worden uitgevoerd en uitbesteed?*
 - *Zijn er randvoorwaarden voor de techniek en de uitvoering ervan?*
- Wat zijn de mogelijke kunststof verwerkingstechnieken?
 - *Welke kunststof verwerkingsmogelijkheden zijn er op de markt?*
 - *Wat zijn alle specificaties van de verschillende technieken?*
 - *Welke oplossingen vallen in eerste instantie al af?*
- Hoe ziet het uiteindelijke voorstel aan Philips t.a.v. de toepassingsmogelijkheden eruit?
 - *Welke afwegingen moeten gemaakt worden bij het kiezen van een geschikte techniek?*
 - *Wordt de techniek uitbesteed of binnen Philips uitgevoerd?*
 - *Waar wordt er uitbesteed?*
- Is dit voorstel nuttig voor Philips Lighting?
 - *Kan het resultaat worden gebruikt tijdens de ontwikkeling van armaturen?*

Strategie en materiaal

De strategie geeft de manier aan waarop de centrale en deelvragen beantwoord zullen worden. Het bijbehorende materiaal geeft aan welke bronnen, gegevens en mensen er nodig zijn om de strategiemethode uit te voeren.

Deelvraag	Strategie	Materiaal
Wat zijn de eisen en wensen van Philips waar de verwerkingstechniek aan moet voldoen?		
Welke technische eigenschappen moet de oplossing mogelijk maken?	Interview Literatuur	- Begeleider Philips - Personeel belanghebbende afdelingen - CAD Modellen en werktekeningen
Welke kunststof bewerkingen worden uitgevoerd en uitbesteed?	Interview Observatie	- Begeleider Philips - Afdeling inkoop - Fabriek
Zijn er randvoorwaarden voor de techniek en de uitvoering ervan?	Interview	- Begeleider Philips - Leidinggevende modelwerkplaats
Wat zijn de mogelijke kunststof verwerkingstechnieken?		
Welke kunststof bewerking mogelijkheden zijn er op de markt?	Literatuuronderzoek Empirisch onderzoek	- Internet - Vakliteratuur - Gespecialiseerde bedrijven
Wat zijn alle specificaties van de verschillende technieken?	Literatuuronderzoek Empirisch onderzoek	- Internet - Vakliteratuur - Gespecialiseerde bedrijven
Welke oplossingen vallen in eerste instantie al af?	Bureauonderzoek	- CAD modellen, werktekeningen

Hoe ziet het uiteindelijke voorstel aan Philips t.a.v. de toepassingsmogelijkheden eruit?		
Welke afwegingen moeten gemaakt worden bij het kiezen van een geschikte techniek	Samenstellen/concluderen	- Tabellen - Argumentatie
Wordt de techniek uitbesteed of binnen Philips uitgevoerd?	Samenstellen/concluderen	- Tabellen - Argumentatie
Waar wordt er uitbesteed?	Samenstellen/concluderen	- Tabellen - Argumentatie
Is dit voorstel nuttig voor Philips Lighting?		
Kan het resultaat worden gebruikt tijdens de ontwikkeling van armaturen?	Resultaat testen a.d.h.v. projecten	- werktekeningen - resultaat onderzoek

Planning

Maand	Week nr.	Nr. Relatief Wk.	Bezigheden	Deliverable
April	Week 15	1	- Plan van aanpak schrijven - Arbeidsovereenkomst omstellen - Inwerken, kennismaken, werkplek installeren	Plan van aanpak
April	Week 16	2	- Gewend raken met SolidEdge - Analyse huidige situatie - Meedraaien ontwerp aanvraag	Analyse verslag
April	Week 17	3	- Analyse huidige situatie - Meedraaien ontwerp aanvraag	
Mei	Week 18	4	- Analyse huidige situatie - Meedraaien ontwerp aanvraag	
Mei	Week 19	5	- Onderzoek mogelijkheden - Langs bij bedrijven	-Long list mogelijkheden -Short list mogelijkheden
Mei	Week 20	6	- Onderzoek mogelijkheden - Langs bij bedrijven	
Mei	Week 21	7	- Onderzoek mogelijkheden - Resultaten evalueren	
Mei	Week 22	8	- Resultaten evalueren	
Juni	Week 23	9	- Eindresultaat opstellen	-Field research report -Resultaten van toetsing -Presentatie
Juni	Week 24	10	- Eindresultaat opstellen - Onderbouwing en argumentatie	
Juni	Week 25	11	- Onderbouwing en argumentatie - Presentatie eindresultaat	
Juni	Week 26	12	- Presentatie eindresultaat - Verslaglegging	
Juli	Week 27	13	- Verslaglegging	-Verslag
Juli	Week 28	14	- Uitloop	
Juli	Week 29	15	- Uitloop	
Juli	Week 30	16	- Uitloop	
Augustus	Week 31	17	Inleveren verslag	

Mogelijke knelpunten

- Uitloop in meeloop traject doordat er (nog) geen geschikte opdracht is of doordat de opdracht uitloopt.
 - Tijdens deze uitloop kan de verdere analyse vast samengevat worden. Ook kan mogelijk vast eens start worden gemaakt met het aanschrijven van bedrijven.
- Tijdverlies in onderzoek doordat afspraken met bedrijven op zich laten wachten.
 - In een vroeg stadium afspraken vastleggen. Ook van tevoren een goede en uitgebreide voorbereiding op deze afspraken maken.
- Financiële argumentatie kan onvolledig worden door geclassificeerde informatie vanuit Philips.
 - Nagaan wat de mogelijkheden zijn en welke informatie er beschikbaar is. Eventueel financiële eindresultaat aanpassen

Elmar Jense

PHILIPS

sense **and** simplicity

UNIVERSITY OF TWENTE.