

UNIVERSITEIT
TWENTE.



DE ROUTE VAN EEN INNOVATIEF IDEE NAAR HET PRODUCT

Een methodiek voor de vliegtuigonderhoudstechnologie bij het Nederlands
Lucht- en Ruimtevaartcentrum

A.H. Kaplan

De route van een innovatief idee naar het product

Een methodiek voor de vliegtuigonderhoudstechnologie bij het
Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

A.H. Kaplan

7 Juli 2017

s1500996

a.h.kaplan@student.utwente.nl

Begeleiders

Universiteit Twente

**Nederlands Lucht- en
Ruimtevaartcentrum**

Dr. Hans Heerkens

*Industrial Engineering and Business
Information Systems (IEBIS)*

Dr. Arjan de Jong

Senior R&D Manager

Dr. A. Al Hanbali

*Industrial Engineering and Business
Information Systems (IEBIS)*

**UNIVERSITEIT
TWENTE.**



VOORWOORD

Van jongs af aan heb ik al veel interesse in de luchtvaart en deze passie uit zich onder andere in het willen behalen van een vliegbrevet na het afronden van mijn studie. Nu krijg ik met de bachelor Technische Bedrijfskunde de kans om een afstudeeropdracht bij een bedrijf of organisatie uit te voeren. Aangezien ik graag mijn belangstelling voor de vliegwereld en mijn passie voor onderzoek wil combineren met deze opdracht, is het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) hier de perfecte plek voor. Het NLR spreekt mij in het bijzonder aan vanwege de sleutelrol die de organisatie speelt in de wetenschap en door de vooruitstrevende onderzoeken met als doel om de luchtvaartsector te verbeteren.

Ik wil graag van deze gelegenheid gebruik maken om mijn begeleider bij het NLR Dr. Arjan de Jong, Senior R&D Manager, te bedanken. Ik heb erg veel van u kunnen leren en wil u bedanken voor de warme welkom binnen de organisatie. Ook wil ik u bedanken voor uw enthousiasme, uw flexibiliteit met de opdracht en uw zeer nuttige feedback.

Daarnaast wil ik graag mijn begeleiders bij de Universiteit Twente, dr. Hans Heerkens en dr. Ahmad Al Hanbali, bedanken. Allereerst wil ik dr. Hans Heerkens bedanken voor al uw hulp gedurende de afstudeeropdracht. De tijd die we gepland hadden voor onze meetings was altijd goed gevuld met uw leerzame feedback en interessante gespreksonderwerpen. Op voorhand leek u al de ideale begeleider voor mijn afstudeeropdracht met uw kennis over de luchtvaart en uw eigen “Algemene Bedrijfskundige Aanpak” uit het boek “Geen Probleem”, en u maakte de verwachtingen geheel waar. Daarnaast wil ik de heer Al Hanbali bedanken voor uw hulp als tweede begeleider en uw zeer leerzame feedback.

Tenslotte wil ik de werknemers bij het NLR en de eigenaar van de succesvolle startup PES-Check, Serhat Elban, bedanken. Ik wil de werknemers bij het NLR bedanken voor jullie warme welkom en zowel de werknemers bij het NLR als de heer Elban bedanken voor de leerzame interviews.

Ali Kaplan,
Enschede, 7 juli 2017

MANAGEMENTSAMENVATTING

DE OPDRACHT

Het Nederlands Lucht- Ruimtevaartcentrum (NLR) is dé kennisorganisatie in Nederland op het gebied van de lucht- en ruimtevaart. Met als streven om de luchtvaart veiliger, duurzamer en efficiënter te maken is het een gewilde organisatie voor onderzoeken op nationaal, Europees en wereldniveau.

Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum wil haar werkzaamheden uitbreiden naar de vliegtuigonderhoudstechnologie. Vliegtuigen in de luchtvaart verouderen en hebben net als elk ander systeem onderhoud nodig. Het NLR wil haar kansen om te innoveren benutten en onderzoeken waar de mogelijke verbeterpunten liggen. Het NLR heeft al een onderzoek afgerond naar de meest kansrijke technologieën voor vliegtuigonderhoud.

Om de totale projectkosten zo laag mogelijk te houden en om de tijd voor een project efficiënt te gebruiken, is het zinvol om een methodiek te ontwikkelen ten behoeve van de realisatie van nieuwe ideeën. Dit onderzoek zal zich erop richten om deze methodiek te ontwerpen voor het proces van een innovatief idee tot aan een product.

Dit onderzoek zal de volgende hoofdvraag beantwoorden:

- *Hoe kan het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum het best innovatieve ideeën met betrekking tot de vliegtuigonderhoudstechnologie realiseren?*

PROBLEEMAANPAK

Voor de dataverzameling is een literatuurstudie uitgevoerd en data gebruikt uit de interviews met medewerkers van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum, de Universiteit Twente en andere relevante organisaties.

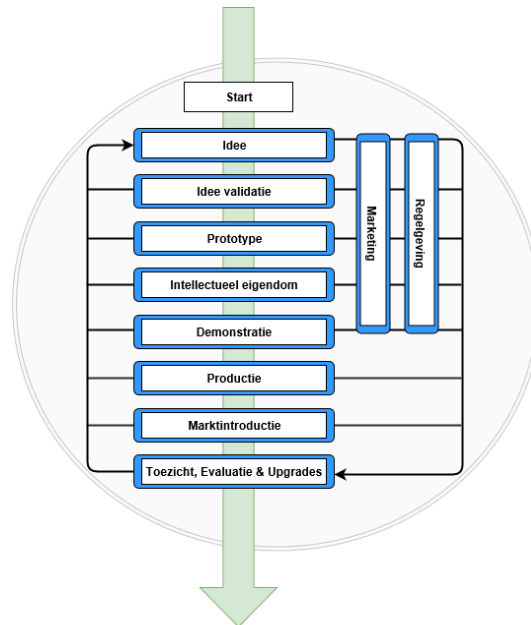
Voor het ontwerp van de methodiek is gekozen voor de 'Coloured Diamond' methode, wat de meest gebruikte methode is bij het onderzoek van Visscher en Fisscher (2009). Bij dat onderzoek werd consultants gevraagd welke methode zij gebruikten voor het ontwerpen van processen en werden de verschillende methodes vergeleken. Bij de 'Coloured Diamond' methode, die toe te passen is bij complexe situaties, worden eerst alle mogelijkheden voor het proces bestudeerd, waarna de mogelijkheden op basis van de voorkeuren van de medewerkers van het bedrijf gelimiteerd worden.

CONCLUSIES

Dit onderzoek presenteert een methodiek die gebruikt kan worden bij de realisatie van innovatieve ideeën voor onderhoudstechnologie. De methodiek onderscheidt zich ten opzichte van andere methodieken in de literatuur, door heel specifiek een innovatief idee voor de vliegtuigonderhoudstechnologie te behandelen. Er zijn in de literatuur al methodieken voor het ontwikkelen van een product met betrekking tot de vliegtuigonderhoudstechnologie, zoals aangeboden in de systems engineering. Ook zijn er methodieken te vinden voor het realiseren van

innovatieve ideeën, zoals naar voren komt in het vakgebied innovatie management en bij verschillende startup strategieën. Dit onderzoek brengt de methodieken samen voor het NLR.

Figuur M geeft de methodiek schematisch weer, waarna er een korte beschrijving volgt van de stappen in het proces.



Figuur M: Methodiek innovatief idee vliegtuigonderhoudstechnologie

De methodiek is een iteratief proces. Het model start vanuit een reeds gekozen idee. Het NLR heeft al een onderzoek afgerond naar de meest kansrijke technologie en de resultaten van dit onderzoek zijn te verkrijgen bij het NLR. Hierna vindt parallel aan de eerste vijf stappen uit het proces de marketing en het in orde brengen van de regelgeving plaats. Hiervoor is gekozen, omdat dit veel tijd kan kosten in het ontwikkelingsproces. Voor de marketing zal er gebruik gemaakt worden van de Segmentation-Targeting-Positioning aanpak, wat een wijd geaccepteerde aanpak is binnen de marketing wereld (Trott; 2012). Ook geeft dit document inzicht in de certificeringsprocessen van twee gerenommeerde veiligheidsinstanties binnen de luchtvaart, de FAA en de EASA, om het NLR een beeld te geven van het verloop van dergelijke processen.

Vervolgens vindt de validatie van het idee plaats, waarbij het idee voorgelegd wordt aan de betreffende doelgroep. Het idee kan aan de hand van de feedback aangepast worden, totdat de doelgroep aangeeft dat het product voldoet aan alle eisen. Hierna kan een prototype gebouwd worden, waarna er opnieuw gecommuniceerd wordt met de doelgroep en er bevestiging moet komen dat het product voldoet aan alle behoeftes. Indien het NLR wenst het intellectueel eigendom te beschermen middels een patent, moeten de voor- en nadelen hiervan worden afgewogen.

Hierna kan de einddemonstratie bij de doelgroep plaatsvinden. Om de doelgroep bij de laatste demonstratie zover te krijgen om in zee te gaan met het NLR moet de toegevoegde waarde van het product bekend zijn en op dat moment gepresenteerd worden.

Het NLR is geen productiebedrijf en hierom houdt normaliter het ontwikkelingsproces hier op, maar indien zij dit in de toekomst wel wensen te doen moeten zij de voor- en nadelen van een eigen productielijn tegen elkaar afwegen. Hierna kan de geplande marktintrouctie plaatsvinden. Indien afgesproken, kan er dan toezicht gehouden worden op het product en kunnen de mogelijkheden voor upgrades bekeken worden. Voor de efficiëntie van ontwikkelingsprocessen in de toekomst is het belangrijk om ten slotte het huidige proces te evalueren.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	3
Managementsamenvatting	4
Lijst met Figuren	8
Lijst met Tabellen	8
Hoofdstuk 1: Inleiding en onderzoeksopzet	9
1.1 Algemene informatie over de organisatie	9
1.2 De opdracht	10
1.3 Belang oplossen van het kernprobleem	11
1.4 Onderzoeksopzet	11
1.4.1 Doel van het onderzoek	11
1.4.2 Onderdelen van het onderzoek	12
1.4.3 Dataverzameling	13
1.5 Stakeholders	14
1.5.1 Primaire stakeholders	14
1.5.2 Secundaire stakeholders	15
1.5.3 Stakeholders en criteria voor de methodiek	15
Hoofdstuk 2: Literatuurstudie	16
2.1 Onderhoud van systemen binnen en buiten de luchtvaart	17
2.1.1 Systeemonderhoud: Een algemene introductie	17
2.1.2 Optimaal werkend onderhoudssysteem	18
2.1.3 Methodiek voor productontwikkeling	20
2.1.3 Conclusies	23
2.2 De Maintenance, Repair en Overhaul markt	25
2.3 Realiseren van een innovatief idee	27
2.3.1 Het concept 'New Product Development'	27
2.3.2 Innovatie management	30
2.3.3 Startup strategieën	31
2.3.4 Technology Readiness Level	35

2.3.5	<i>Conclusies</i>	36
Hoofdstuk 3: Huidige situatie Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum		37
3.1	Embedded Training	37
3.2	F-35 Meetsysteem	38
3.3	F-35 Composite Dragbrace	39
3.4	Conclusies	41
Hoofdstuk 4: Methodiek vliegtuigonderhoudstechnologie		42
4.1	Het model	42
4.2	Het idee	45
4.3	Marketing	46
4.4	Regelgeving	49
4.5	Idee validatie	52
4.6	Prototype	54
4.7	Intellectueel eigendom	55
4.8	Demonstratie	57
4.9	Productie	60
4.10	Marktintroductie	62
4.11	Toezicht, Evaluatie en Upgrades	63
Hoofdstuk 5: Conclusie		65
Hoofdstuk 6: Aanbevelingen		67
6.1	Vervolg ontwikkelingsproces	67
6.2	Gebruik van de methodiek	67
Bronnenlijst		68
Appendix		70

LIJST MET FIGUREN

Figuur 1.1: Organisatiestructuur van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum	9
Figuur 1.2: De probleemkluwen	10
Figuur 1.3: Verloop van het onderzoek	13
Figuur 1.4: Stakeholders in dit onderzoek	14
Figuur 2.1: Tijdsindeling van een vliegtuig	17
Figuur 2.2: Beschikbaarheid van een systeem	19
Figuur 2.3: Waardeketen van Porter	20
Figuur 2.4: Onderhoudsbewust ontwerpen	21
Figuur 2.5: Methodiek onderhoudstechnologie	24
Figuur 2.6: De MRO-markt	25
Figuur 2.7: Richting segmenten MRO-markt	25
Figuur 2.8: Continentale uitgaves MRO-markt	26
Figuur 2.9: Vakgebieden New Product Development	27
Figuur 2.10: Methodiek New Product Development	28
Figuur 2.11: Methodiek KET-Traject	30
Figuur 2.12: De Lean Learning Cycle	32
Figuur 2.13: Methodiek Design Thinking strategie	33
Figuur 2.14: Fases Design Thinking strategie	34
Figuur 2.15: Methodiek Technology Readiness Levels	35
Figuur 3.1: Methodiek Embedded Training	38
Figuur 3.2: Methodiek F-35 Meetsystemen	39
Figuur 3.3: Methodiek F-35 Composite Dragbrace	40
Figuur 4.1: Methodiek innovatief idee vliegtuigonderhoudstechnologie	42
Figuur 4.2: Mogelijke doelgroepen STP	47
Figuur 4.3: Marketing mix	48
Figuur 4.4: Certificeringsproces FAA	49
Figuur 4.5: Certificeringsproces EASA	51
Figuur 4.6: Idee validatie proces	53
Figuur 4.7: Prototype bouw proces	54
Figuur 4.8: De onderhoudsprestatie	64
Figuur 5: Methodiek innovatief idee vliegtuigonderhoudstechnologie	65

LIJST MET TABELLEN

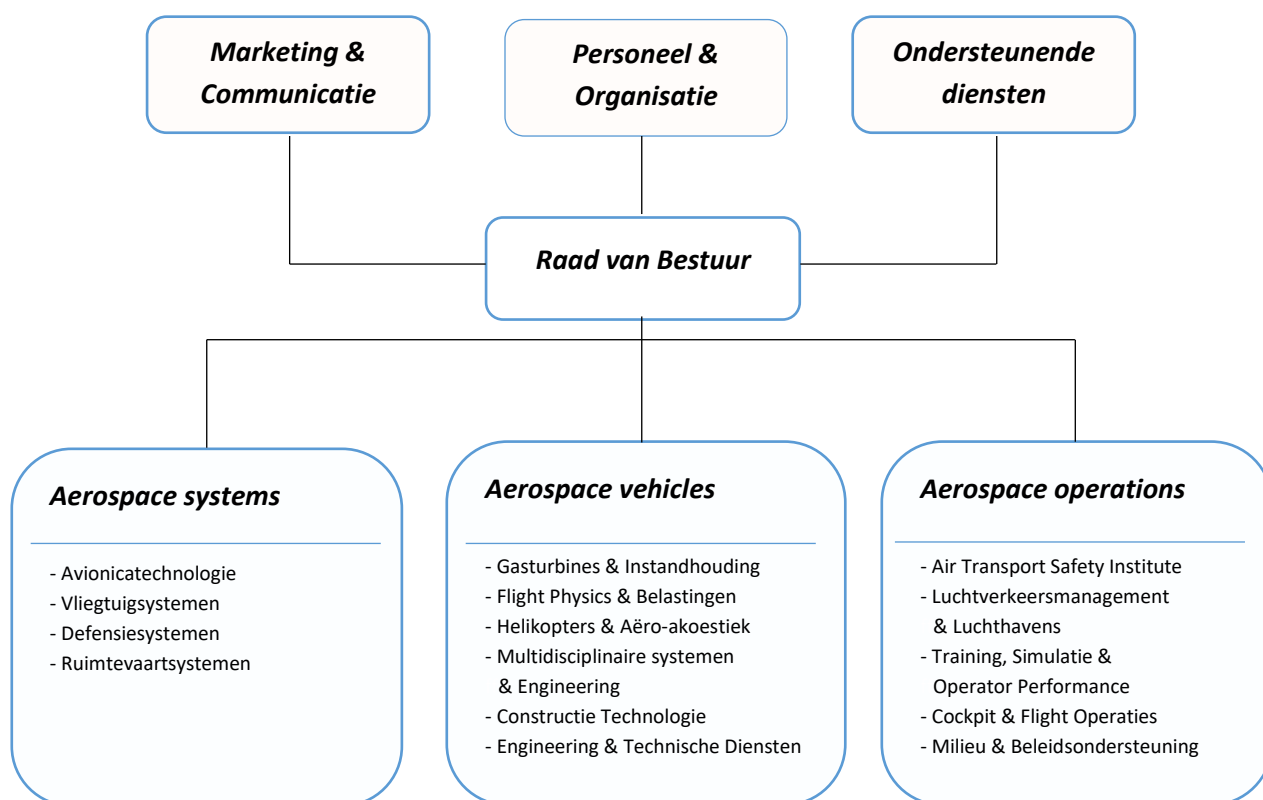
Tabel 1: Oorzaken gedupliceerde activiteiten binnen een project	11
Tabel 2: Verhouding van de onderhoudskosten	19
Tabel 3: Methodieken voor innovatieve ideeën	36
Tabel 4: Methodieken NLR projecten	40
Tabel 5: Meest prominente technologieën MRO-markt	45
Tabel 6: Presentatievorm bij verschillende fases	53
Tabel 7: Voor- en nadelen demonstratiemodellen	57
Tabel 8: Voor- en nadelen eigen productie	60

HOOFDSTUK 1: INLEIDING EN ONDERZOEKSOPZET

Het eerste hoofdstuk zal de aanleiding van het onderzoek toelichten en ingaan op de onderzoeksopzet. Dit hoofdstuk begint met een korte introductie van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR). Hierna zal er dieper ingegaan worden op de aanleiding van dit onderzoek. De aanleiding zal via een probleemkluwen verduidelijkt worden. Er wordt dan verder ingegaan op de onderzoeksopzet en tenslotte zullen de verschillende stakeholders worden beschreven.

1.1 ALGEMENE INFORMATIE OVER DE ORGANISATIE

Het Nederlands Lucht- Ruimtevaartcentrum is, zoals de naam het al zegt, dé kennisorganisatie in Nederland op het gebied van de lucht- en ruimtevaart. Met als streven om de luchtvaart veiliger, duurzamer en efficiënter te maken is het een gewilde organisatie voor onderzoeken op nationaal, Europees en wereldniveau. De organisatie is opgericht in 1919 en is zowel actief in de civiele als de militaire luchtvaart. Het NLR is onderverdeeld in drie divisies: aerospace systems, aerospace vehicles en aerospace operations. Figuur 1.1 is ter verduidelijking van de organisatiestructuur toegevoegd. De organisatie telt meer dan 600 werknemers en heeft vestigingen in Amsterdam, Marknesse en Schiphol-Oost. Het NLR bezit verscheidene faciliteiten, zoals een vliegtuig, meerdere windtunnels, vlucht- en verkeersleidings simulatoren, test- en rekenfaciliteiten en een drone centre.



Figuur 1.1: Organisatiestructuur van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

1.2 DE OPDRACHT

Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum wil haar werkzaamheden uitbreiden naar de vliegtuigonderhoudstechnologie. Vliegtuigen in de luchtvaart verouderen en hebben net als elk ander systeem onderhoud nodig. Het NLR wil haar kansen om te innoveren benutten en onderzoeken waar de mogelijke verbeterpunten liggen.

Het NLR heeft al een onderzoek afgerond naar de meest kansrijke technologieën voor vliegtuigonderhoud. Dat onderzoek heeft de idee generatie en selectie fases van het ontwikkelingsproces al behandeld. Om de totale projectkosten van het ontwikkelingsproces zo laag mogelijk te houden en om de tijd voor een project efficiënt te gebruiken, is het zinvol om een methodiek te ontwikkelen ten behoeve van de realisatie van nieuwe ideeën.

Dit onderzoek zal zich erop richten om deze methodiek te ontwerpen voor het proces dat loopt van een innovatief idee tot aan een product. Het genereren van het idee is dus geen onderdeel van dit onderzoek. Een methodiek voor de productontwikkeling zal, doordat er rekening gehouden wordt met de knelpunten, het project efficiënter laten verlopen en leiden tot lagere projectkosten. De lagere projectkosten zullen dan weer leiden tot een hoger rendement van het project. Ook heeft dit onderzoek ook als doel om met behulp van de methodiek de slaagkans van het project te vergroten. Een dergelijk onderzoek is nog niet eerder gedaan, omdat het NLR normaliter vraag gestuurd een technologie ontwikkelt, maar in dit geval aanbod gestuurd te werk gaat.

In Figuur 1.2 is de oorzaak-gevolg relatie van de problemen en daarbij de aanleiding van dit onderzoek weergegeven in de vorm van een probleemkluwen.



Figuur 1.2: De probleemkluwen

Dit onderzoek vloeit voort uit een handelingsprobleem. Het handelingsprobleem, tevens het kernprobleem in dit onderzoek, kan opgelost worden door een methodiek te presenteren dat het NLR kan gebruiken bij een productontwikkeling in de vliegtuigonderhoudstechnologie. Om het handelingsprobleem aan te pakken moet voor dit onderzoek een kennisprobleem opgelost worden. Er moet namelijk eerst kennis geworven worden over verschillende methodieken voor een innovatieve productontwikkeling. Hierna wordt er onderzocht welke stappen uit de verschillende methodieken gebruikt kunnen worden voor de methodiek van het NLR.

1.3 BELANG OPLOSSEN KERNPROBLEEM

Werken volgens een methodiek kan er voor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum toe leiden dat gedupliceerde activiteiten voorkomen worden en dat het project efficiënter verloopt. Het volgen van een methodiek binnen een project zorgt namelijk voor structuur en overzicht.

In een onderzoek uitgevoerd door de NAP (NAP/DACE, 1999) werd geconstateerd dat er sprake is van aanzienlijke duplicatie van activiteiten binnen projecten. Hierbij kwam naar voren dat projecten een besparingspotentieel van 15% in projectkosten hebben en tot wel 25% verkorting van de doorlooptijd verwezenlijkt kan worden door het wegnemen van de gedupliceerde activiteiten. In Tabel 1 zijn de oorzaken van de gedupliceerde activiteiten uit het onderzoek weergegeven.

<i>Oorzaken gedupliceerde activiteiten</i>	<i>Percentage per project</i>
Onvolledige informatieoverdracht tussen partijen	16 %
Aantal en omvang te late wijzigingen	14 %
Gebrekkige, onvolledige en te late documentatie	12 %
Verschillende systemen en werkprocessen	10 %
Onvoldoende coördinatie	8 %
Overlapping van activiteiten	8 %
Slechte uitganggegevens	7 %
Inspecties	5 %
Veranderde wettelijke eisen	5 %
Beperkte standaardisatie en normalisatie	4 %
Gebrekkige interfaces tussen werkprocessen	3 %
Onvoldoende planning	3 %
Te globale veiligheidsanalyse	2 %
Harmonisatie van standaards en normen	2 %
Gehanteerde contractvormen	1 %

Tabel 1: Oorzaken gedupliceerde activiteiten binnen een project

1.4 ONDERZOEKSOPZET

In deze paragraaf wordt de onderzoeksopzet toegelicht. Het doel van het onderzoek, waarmee het kernprobleem opgelost wordt, zal als eerste beschreven worden. Hierna wordt er ingegaan op de verschillende onderzoeksonderwerpen, die als leidraad dienen voor het onderzoeken. Ten slotte zal de methode van dataverzameling besproken worden.

1.4.1 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het doel van dit onderzoek is om een methodiek te ontwerpen voor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum waarmee het efficiënt een innovatief idee voor de vliegtuigonderhoudstechnologie kan realiseren. Hiervoor is de volgende hoofdvraag gespecificeerd:

- *Hoe kan het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum het best innovatieve ideeën met betrekking tot de vliegtuigonderhoudstechnologie realiseren?*

1.4.2 ONDERDELEN VAN HET ONDERZOEK

Een hoofdvraag kan niet in één keer beantwoord worden en daarom zijn er deelvragen opgesteld die als leidraad dienen voor dit onderzoek.

Allereerst wordt er onderzocht wat onderhoud van technische systemen binnen en buiten de luchtvaart inhoudt. Er wordt kennis vergaard over dit specifieke onderwerp, dat gebruikt kan worden bij het oplossen van het kennisprobleem. Hierna zal er onderzocht worden welke methodiek er toegepast wordt binnen de onderhoudstechnologie voor het realiseren van een nieuw product. De onderhoudstechnologie is de sector waarvoor dit innovatief product ontwikkeld gaat worden en daarom zal het huidige toegepaste proces geanalyseerd worden. Er zal onderzocht worden in hoeverre de methodiek van toepassing kan zijn voor dit onderzoek. De deelvragen die hieruit volgen luiden:

1. Wat karakteriseert een optimaal (vliegtuig)onderhoudsysteem?
2. Welke methodiek voor productontwikkeling wordt op het moment toegepast binnen de onderhoudstechnologie?

Het uiteindelijke product zal op de Maintenance, Repair en Overhaul markt (MRO) voor de luchtvaart geïntroduceerd worden. Aangezien elke markt anders is, is het zinvol zijn om te kijken wat de karakteristieken van de MRO-markt zijn. Hierop volgt de volgende deelvraag:

3. Wat zijn de actoren en trends van de Maintenance Repair en Overhaul markt?

Hierna moet er onderzocht worden welke methodieken er al zijn voor de realisatie van innovatieve ideeën. Dit wordt onderzocht middels een literatuurstudie. De derde deelvraag behandelt specifiek de realisatie van innovatie ideeën, omdat het idee dat bij het NLR gerealiseerd zal worden ook innovatief van aard zal zijn en hierbij een ander ontwikkelingsproces hoort dan bij niet-innovatieve ideeën. Hieruit volgt de vierde deelvraag:

4. Welke methodieken zijn er voor de realisatie van innovatieve ideeën?

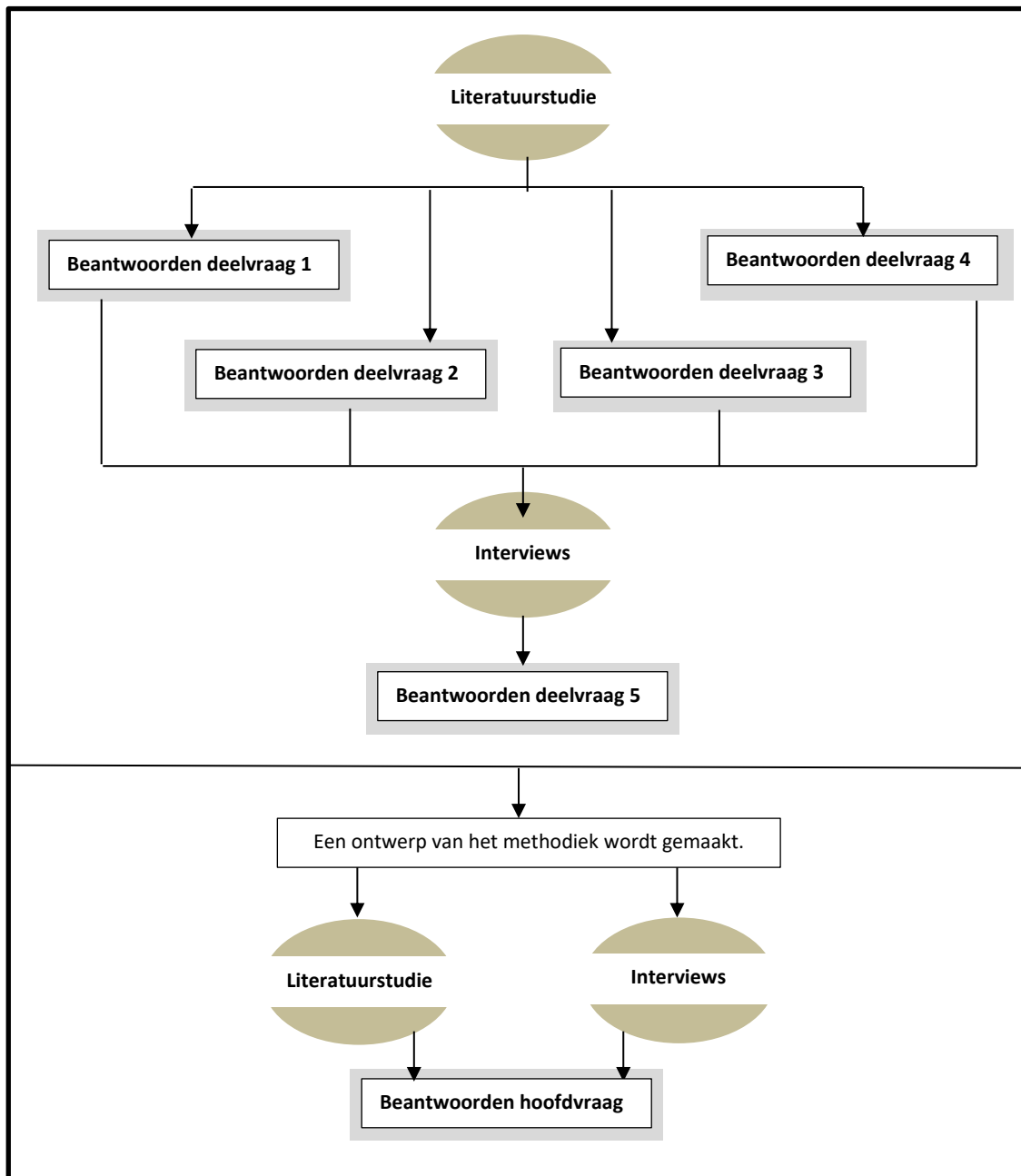
Als laatste zal er onderzocht worden hoe innovatieve projecten met betrekking tot idee realisatie en productontwikkeling momenteel binnen het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum behandeld worden. Hieruit volgt de vijfde deelvraag:

5. Welke methodieken worden momenteel binnen het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum gebruikt voor een productontwikkeling?

Voor dit onderzoek is gekozen voor de 'Coloured Diamond' methode. De 'Coloured Diamond' methode is de meest gebruikte methode bij het onderzoek van Visscher en Fisscher (2009). Bij het onderzoek van Visscher en Fisscher (2009) werd consultants gevraagd welke methode zij gebruikten voor het ontwerpen van processen en werden de verschillende methodes vergeleken. Bij de 'Coloured Diamond' methode, die toe te passen is bij complexe situaties, worden eerst alle mogelijkheden voor het proces bestudeerd, waarna de mogelijkheden op basis van de voorkeuren van de medewerkers van het bedrijf gelimiteerd worden.

Om de verschillende mogelijkheden te onderzoeken, moeten allereerst de vijf deelvragen beantwoord worden. Hierna kan middels de vergaarde kennis een ontwerp gemaakt worden van een methodiek. De initiële methodiek wordt op basis van volledigheid samengesteld en zal hierom alle stappen uit het

ontwikkelingsproces van de andere methodieken bevatten. Hierna zal de methodiek verder uitgewerkt worden aan de hand van de interviews met medewerkers van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. Bij de interviews wordt er feedback gevraagd op de aanvankelijk samengestelde methodiek. Na het verwerken van de data uit de interviews kan er met behulp van kennis uit een verdere literatuurstudie de beste keuzes uit de mogelijke alternatieven gekozen worden. Hierna kan de hoofdvraag beantwoord worden. Figuur 1.3 geeft het verloop van dit onderzoek schematisch weer.



Figuur 1.3: Verloop van het onderzoek

1.4.3 DATAVERZAMELING

In dit onderzoek zal data verzameld worden middels een literatuurstudie en interviews. Voor de literatuurstudie zullen boeken en gepubliceerde artikelen gebruikt worden, zodat dit verslag wetenschappelijk onderbouwd kan worden. Interviews zullen met medewerkers binnen het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum en andere relevante organisaties gehouden worden.

1.5 STAKEHOLDERS

Er is een aantal partijen dat belang heeft bij dit onderzoek. Deze partijen zijn verdeeld in primaire en secundaire stakeholders. Primaire stakeholders zijn stakeholders die direct betrokken zijn bij dit onderzoek en de resultaten ervan. Secundaire stakeholders zijn stakeholders die niet direct betrokken zijn bij dit onderzoek en de resultaten ervan, maar hier later misschien wel belang bij hebben. Figuur 1.4 illustreert de stakeholders in dit onderzoek.



Figuur 1.4: Stakeholders in dit onderzoek

1.5.1 PRIMAIRE STAKEHOLDERS

Primaire stakeholders in dit onderzoek zijn de begeleiders bij het NLR en de Universiteit Twente, de werknemers bij het NLR en de onderzoeker.

De begeleider bij het NLR is Arjan de Jong. Arjan is Senior R&D manager bij het NLR en focust zich onder andere op het gebied maintenance engineering. De methodiek die ontworpen wordt bij dit onderzoek wil hij graag gebruiken wanneer hij een innovatief idee op tafel krijgt dat gerealiseerd moet worden.

De begeleider aan de Universiteit Twente is Hans Heerkens. Hij is schrijver van het boek 'Geen probleem' waarin hij een bedrijfskundige probleemaanpak beschrijft. Verder heeft hij veel onderzoeken gedaan op het gebied van de luchtvaart. Dit maakte hem de perfecte begeleider voor dit onderzoek.

Ook zullen werknemers bij het NLR geïnterviewd worden, aangezien zij al veel ervaring hebben met het ontwikkelen van een product en hun ervaringen dus waardevol kunnen zijn. Zij hebben ook invloed op de uiteindelijke methodiek. Ook zullen zij er baat bij hebben dat er een methodiek ontworpen wordt, aangezien zij bij verdere productontwikkelingen ook gebruik van kunnen maken.

De onderzoeker is ook een primaire stakeholder. De onderzoeker wil namelijk dat het NLR tevreden is met het geleverde werk. Verder is het ook belangrijk dit onderzoek tot een goed eind te brengen, omdat hiermee een onderdeel van de bachelor afgerond wordt.

1.5.2 SECUNDAIRE STAKEHOLDERS

De Raad van Bestuur en de klant waarvoor het product ontwikkeld gaat worden zijn secundaire stakeholders. Zij hebben indirect belang bij dit onderzoek en de resultaten ervan.

De Raad van Bestuur is belast met de resultaatontwikkeling van de organisatie en moet ook het overzicht houden op financieel gebied. Een methodiek leidt normaliter tot een efficiënter tijdsverloop van een project en een hoger rendement.

De uiteindelijke klant die de innovatieve technologie afneemt heeft natuurlijk ook belang bij dit onderzoek. Het is nog onduidelijk op welk moment zij over de nieuwe technologie komen te weten, maar als dit in een vroeg stadium is hoeven zij minder lang te wachten op het product. Verder zal het produceren van het product middels een methodiek minder geld kosten, wat zich kan uiten in een lager verkoopbedrag voor de klant.

1.5.3 STAKEHOLDERS EN CRITERIA VOOR DE METHODIEK

Op basis van de verschillende stakeholders kunnen er criteria bepaald worden waaraan de methodiek zal moeten voldoen. Allereerst moet de methodiek voor de onderzoeker en de begeleider aan de Universiteit van Twente van hoog niveau zijn, zodat de onderzoeker een deel van zijn bachelor af kan ronden. Om dit niveau te behalen, moet de methodiek aan alle wensen voldoen van de begeleider en medewerkers bij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. De Raad van Bestuur wil dat de methodiek het project efficiënter laat verlopen. Dit moet leiden tot een snellere ontwikkelingsproces, waar de klant weer baat bij zal hebben. Verder moet de methodiek leiden tot een hoger rendement van het ontwikkelingsproject, waar zowel de Raad van Bestuur als de klant baat bij hebben. Ten slotte moet de methodiek de risico van het project verlagen en dus de slaagkans vergroten. Hier hebben opnieuw de Raad van Bestuur en de klant baat bij.

HOOFDSTUK 2: LITERATUURSTUDIE

Dit hoofdstuk heeft als doel om achtergrondkennis te vergaren over de onderzoeksonderwerpen van dit onderzoek en de deelvragen te beantwoorden. Met die kennis kan er op basis van volledigheid een initiële methodiek samengesteld worden. Hierna kan de initiële methodiek middels interviews met medewerkers bij het NLR verder gespecificeerd worden.

De onderzoeksonderwerpen van dit onderzoek zijn:

- Onderhoud van systemen.
- De Maintenance, Repair en Overhaul markt.
- Realisatie van ideeën.

Allereerst wordt er onderzocht wat onderhoud van systemen in het algemeen en in de luchtvaart kenmerkt. Datgeen wat tot een optimaal werkend systeem leidt, kan als focuspunt dienen bij de methodiek. Hierna wordt er gekeken welke methodiek voor productontwikkeling er momenteel gehanteerd wordt. De volgende deelvragen kunnen hierna beantwoord worden:

1. Wat karakteriseert een optimaal (vliegtuig)onderhoudssysteem?
2. Welke methodiek voor productontwikkeling wordt op het moment toegepast binnen de onderhoudstechnologie?

Vervolgens wordt er onderzocht wat de MRO-markt kenmerkt en wat de trend is van deze markt, om een beter beeld te krijgen van de markt waarvoor het uiteindelijke product ontwikkeld gaat worden. Hiermee wordt de derde deelvraag beantwoord:

3. Wat zijn de actoren en trends van de Maintenance Repair en Overhaul markt?

Als laatst worden verschillende methodieken voor de realisatie van een innovatief idee onderzocht, waarbij er aandacht wordt besteed aan methodieken van de 'New Product Development', innovatie management, de lean startup strategie en de design thinking strategie. Hiermee kan de vierde deelvraag beantwoord worden:

4. Welke methodieken zijn er voor de realisatie van innovatieve ideeën?

Verder zal de methodiek van de Technology Readiness Levels ook uitgelegd worden, aangezien dit een veel gebruikte methodiek is in de luchtvaart en de term vaker gebruikt zal worden in dit document.

2.1 ONDERHOUD VAN SYSTEMEN BINNEN EN BUITEN DE LUCHTVAART

De eerste paragraaf zal ingaan op het onderhoud van systemen. Hierin wordt onderzocht wat systeemonderhoud precies is, waarin vliegtuigonderhoud zich onderscheidt van het algemene onderhoudsproces en wat een optimaal (vliegtuig)onderhoudssysteem karakteriseert. Als laatste zal de methodiek die gebruikt wordt binnen de onderhoudstechnologie beschreven worden.

2.1.1 SYSTEEMONDERHOUD: EEN ALGEMENE INTRODUCTIE

Om te beginnen moeten we weten wat onderhoud precies inhoudt. Onderhoud wordt volgens de Europese standaard EN13306 omschreven als:

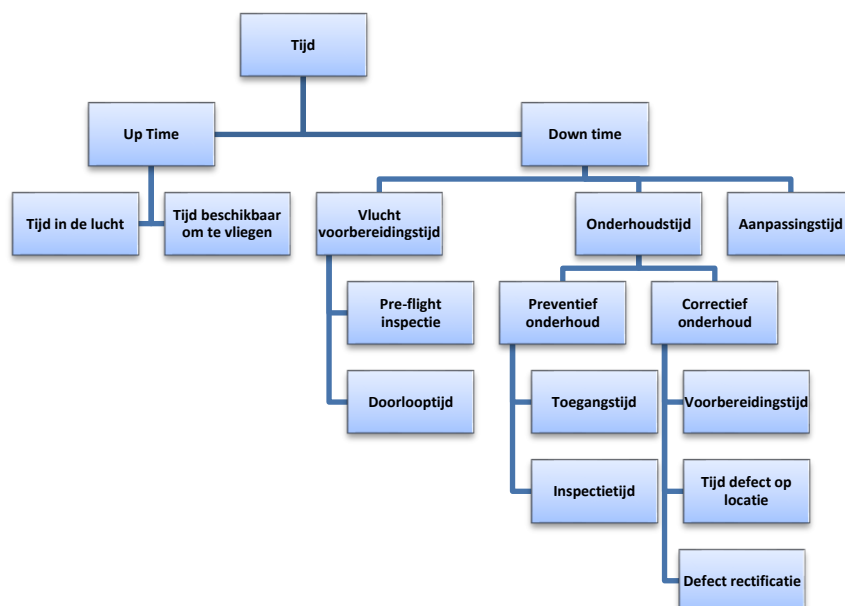
“De combinatie van alle technische, administratieve en bestuurlijke handelingen tijdens de levenscyclus van een systeem met als doel om het systeem in de juiste staat te houden of te herstellen, zodat het systeem de verwachte taken kan uitvoeren”.

De Vereniging ten behoeve van Technische en Onderhoudsdiensten omschrijft onderhoud als (NVDO, 1983):

“Alle activiteiten die ten doel hebben, het Technisch Systeem in de conditie te houden of weer te brengen, die voor hun functie nodig wordt geacht”.

De twee omschrijvingen komen goed overeen en hieruit kan gehaald worden dat het onderhoud van een systeem bestaat uit alle handelingen die nodig zijn om het systeem tijdens haar levenscyclus haar functies te laten uitvoeren (Tinga; 2013).

Onderhoud bij een vliegtuig gebeurt tijdens de zogeheten ‘downtime’: de tijd dat een vliegtuig niet beschikbaar is om te vliegen. Deze onderhoudstijd kan preventief en correctief van aard zijn. In figuur 2.1 (Philips et al. 2010) is schematisch de tijdsindeling van een vliegtuig weergegeven. Hier is te zien dat er veel aandacht wordt besteed aan de veiligheid van de luchtvaart en dat het onderhoud een belangrijke rol hierin speelt.



Figuur 2.1: Tijdsindeling van een vliegtuig

De verschillende segmenten bij de tijdsindeling van een vliegtuig kunnen dienen als uitgangspunten bij het genereren en selecteren van een innovatief idee dat het onderhoudssysteem efficiënter kan laten verlopen.

Een systeem moet idealiter zo min mogelijk mankementen vertonen. De 'failure mode' ofwel de 'faalmodus' geeft aan in hoeverre een systeem of een component van een systeem mankementen vertoont. De failure mode kan opgedeeld worden in non-fysieke en fysieke mankementen. Non-fysieke mankementen hebben meestal menselijke fouten als oorzaak, bijvoorbeeld het gebruik van het verkeerde type brandstof of verontreiniging. Fysieke mankementen hebben fysieke en chemische processen of de achteruitgang van bepaalde componenten als oorzaak.

Een te hoge belasting op het systeem heeft tot gevolg dat het systeem faalt. De hoeveelheid belasting die een systeem aankan is grotendeels bepaald tijdens de ontwerpfase van een systeem en kan daarom lastig aangepast worden nadat het geproduceerd is. Alleen grote modificaties en redesigns kunnen dan nog de maximaal toegestane belasting verhogen, maar dit gaat gepaard met hoge kosten (Tinga; 2013). In de uiteindelijk gepresenteerde methodiek voor het NLR moet dus al in een vroeg stadium rekening gehouden worden met de hoeveelheid belasting. Hoge kosten zijn namelijk hetgeen dat een systeem weerhoudt van een optimale prestatie. Het is nu dus zaak om een methodiek te presenteren die het ervoor zorgt dat het onderhoudssysteem optimaal werkt. Hierom gaat deelparagraaf 2.1.2 verder met aandachtspunten op het gebied van een optimaal werkend onderhoudssysteem.

2.1.2 OPTIMAAL WERKEND ONDERHOUDSSYSTEEM

In deze deelparagraaf zal beschreven worden wat een optimaal werkend onderhoudssysteem karakteriseert. Hiermee wordt ook de eerste deelvraag beantwoord:

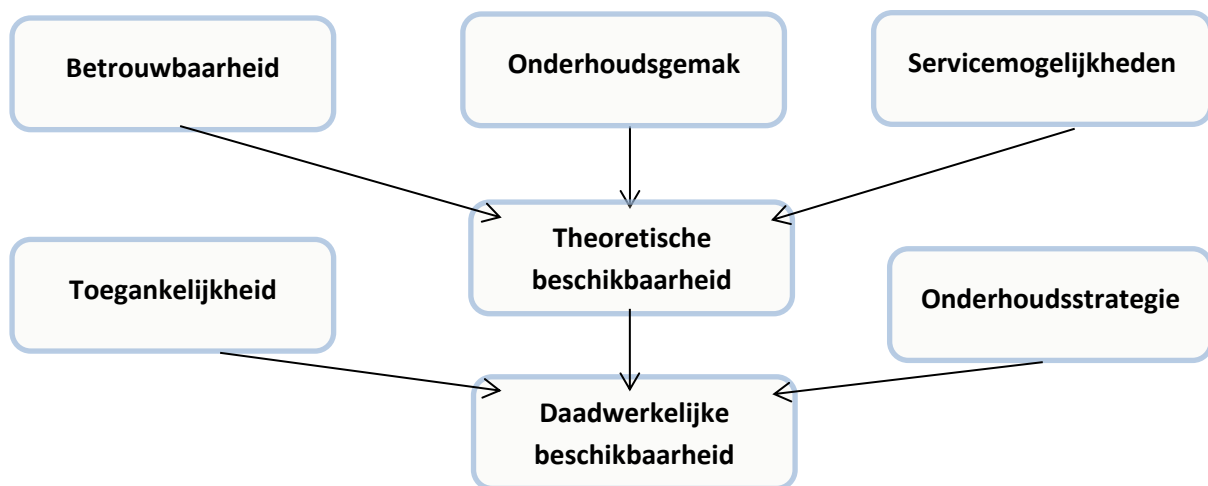
- Wat karakteriseert een optimaal (vliegtuig)onderhoudssysteem?

De karakteristieken die in deze deelparagraaf beschreven worden kunnen dienen als globale criteria voor het genereren en selecteren van het innovatieve idee.

Een systeem werkt op haar best als het lange tijd beschikbaar is in combinatie met lage kosten. De beschikbaarheid van een systeem kan beschreven worden als de kans dat het systeem haar taak in de desbetreffende omgeving kan uitvoeren op een willekeurig moment of gedurende een bepaalde periode. De beschikbaarheid hangt af van de gebruikstijd en de uitvaltijd van het systeem en kan berekend worden met de volgende formule:

$$\text{Beschikbaarheid} = \frac{\text{Gebruikstijd}}{\text{Gebruikstijd} + \text{Uitvaltijd}}$$

De beschikbaarheid van een systeem wordt bepaald door meerdere factoren: de betrouwbaarheid, onderhoudsgemak, servicemogelijkheden, toegankelijkheid en de onderhoudsstrategie. Figuur 2.2 illustreert de relaties tussen de beschikbaarheid van een systeem en de factoren.



Figuur 2.2: Beschikbaarheid van een systeem

Er kan dus op meerdere manieren een systeem ontworpen worden dat in de theorie een hoge mate van beschikbaarheid heeft:

- Het systeem is betrouwbaar en vertoont weinig mankementen tijdens haar levenscyclus.
- Het systeem kan gemakkelijk onderhouden worden, wat het aantal werkuren reduceert.
- Er kan goed omgegaan worden met de servicemogelijkheden van het systeem. De faciliteiten en de reserveonderdelen behoren tot deze servicemogelijkheden (Tinga; 2013).

De benodigde hoeveelheid onderhoud voor een technisch systeem verschilt per voertuig. In de luchtvaart moet het onderhoud omwille van veiligheidsredenen effectief van aard zijn en dit brengt kosten met zich mee. De verhouding van de constant gemaakte som van onderhoudskosten over de gehele levensduur en de vervangingswaarde ligt bij een civiel vliegtuig op 2 en bij een gevechtsvliegtuig op 4 tot 6. Dit ligt in vergelijking veel hoger bij een vliegtuig dan bij bijvoorbeeld een schip of een autobus (zie ook Tabel 2.1). De complexiteit van deze systemen, de geavanceerde technologie en de wijze van gebruik zijn hiervan de oorzaak (Smit; 2010).

<i>Voertuig</i>	<i>Onderhoudskosten</i>
Schip	0,3
Autobus	0,5
Oorlogsschip	1,5
Civiel Vliegtuig	2
Gevechtstank	2,5
Gevechtsvliegtuig	4-6

Tabel 2.1: Verhouding van de onderhoudskosten ten opzichte van de vervangingswaarde per technisch systeem

Het idee dat het NLR gaat realiseren moet extra waarde bieden ten opzichte van het huidige aanbod op de MRO-markt om aangeschaft te worden door een klant. Om deze waarde te bereiken moet het product van het NLR dus een hogere beschikbaarheid bieden en/of lager in kosten zijn. De twee factoren voor een optimaal werkend systeem moeten hierom bij de idee generatie en selectie meegenomen worden.

2.1.3 METHODIEK VOOR PRODUCTONTWIKKELING IN DE ONDERHOUDSTECHNOLOGIE

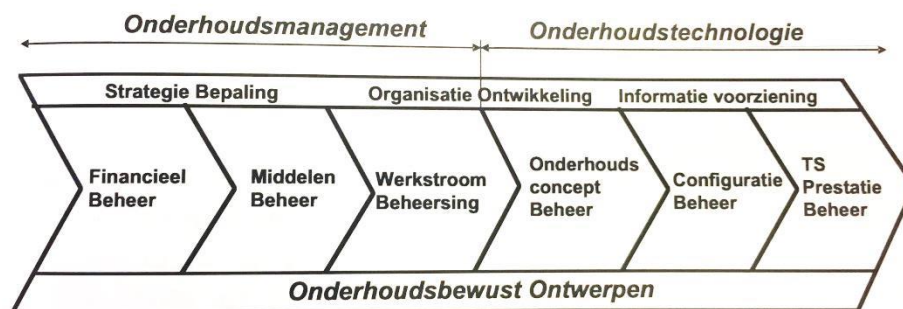
De derde deelparagraaf zal allereerst de fases die horen bij het ontwikkelen van een onderhoudsproces beschrijven. Hierna zal de methodiek die gebruikt wordt bij het ontwikkelen van een product binnen de onderhoudstechnologie beschreven worden, waarmee ook de tweede deelvraag beantwoord wordt:

- Welke methodiek voor productontwikkeling wordt op het moment toegepast binnen de onderhoudstechnologie?

De methodiek met betrekking tot de onderhoudstechnologie zal gebruikt worden bij het samenstellen van de methodiek voor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum.

2.1.3.1 *Ontwikkeling van onderhoud*

De ontwikkeling van een product of proces binnen de onderhoudstechnologie gebeurt in achtereenvolgende fasen. De ontwikkeling start met het onderhoudsmanagement, waarna de onderhoudstechnologie en het onderhoudsbewust ontwerpen volgen. Figuur 2.3 met de waardeketen van Porter (1985) is ter verduidelijking toegevoegd:



Figuur 2.3: Waardeketen van Porter

Onderhoudsmanagement is gericht op het beheersen en de doelmatige inzet van de middelen waarmee onderhoud wordt uitgevoerd. Het heeft als primaire doelstelling om de jaarlijkse onderhoudskosten te minimaliseren.

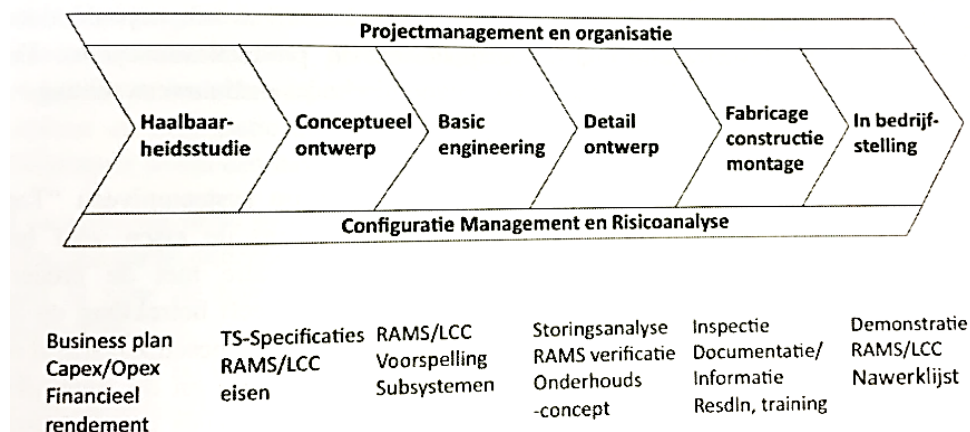
Onderhoudstechnologie is gericht op het verbeteren van de effectiviteit van het onderhoud door het verbeteren van de bedrijfszekerheid en het optimaliseren van het onderhoudsconcept. De doelstelling in deze fase is het minimaliseren van de integrale onderhoudskosten en de som van de onderhouds- en de onderhoudsafhankelijke kosten.

De effectiviteit van het systeem is te relateren aan de beschikbaarheid ervan. Hierom kan voor een optimaal werkend systeem middels een hogere mate van beschikbaarheid, verbetering gezocht worden in de onderhoudstechnologie fasen. Voor de minimalisatie van de onderhoudskosten kan het NLR de onderhoudsmanagement fasen optimaliseren (Smit; 2010).

Het onderhoudsbewust ontwerpen geeft de methodiek voor productontwikkeling met betrekking tot de onderhoudstechnologie weer en zal hierom in de volgende deelparagraaf uitvoeriger beschreven worden.

2.1.3.2 Methodiek binnen de onderhoudstechnologie

Het onderhoudsbewust ontwerpen bevat een methodiek voor het realiseren van een product voor de onderhoudstechnologie. Het is gericht op het ontwerpen van een technisch systeem op gespecificeerd onderhoudsgedrag en het ontwikkelen van een initieel onderhoudsconcept voor het handhaven van dit gedrag. Het doel van deze fase in de onderhoudsontwikkeling is het minimaliseren van de levensduurkosten. De levensduurkosten zijn de som van de initiële investering en de exploitatiekosten over de levensduur van het technisch systeem. Figuur 2.4 geeft de methodiek visueel weer en daaronder zal er ingegaan worden op de verschillende fasen van het onderhoudsbewust ontwerpen en de bijbehorende faseproducten.



Figuur 2.4: Onderhoudsbewust ontwerpen

2.1.3.2.1 Haalbaarheidsstudie

Het project begint met het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie. Dit is van belang, omdat hiermee bepaald wordt hoe winstgevend het project zal zijn en dus of het wel investeringswaardig is.

In de haalbaarheidsstudie worden de huidige en toekomstige ontwikkelingen van de afnemersmarkten, productportfolio, productievolumina, concurrentie, productiekosten, inkomsten en kosten beschreven, beoordeeld en vastgesteld.

Het faseproduct is een business case, waarin de geformuleerde ondernemings- of bedrijfsdoelstellingen en –beleid, de strategische langetermijnplanning en het investeringsplan in zijn meegenomen.

2.1.3.2.2 Conceptueel ontwerp

In de conceptueel ontwerp fase worden de functionele specificaties en de verlangde prestaties vastgesteld. Als uitgangspunt hiervoor dienen de wettelijke eisen, beschikbare procestechnologieën, de procesvoerings-, de bedrijfsvoerings- en de onderhoudsuitgangspunten.

Het resultaat kan leiden tot aanpassing van de vereiste investering, de business case en nadere detaillering van het projectplan en de begroting. Autorisatie is nodig om door te gaan naar de basic engineering fase.

2.1.3.2.3 Basic engineering

Tijdens de basic engineering fase worden functionele specificaties vertaald naar mogelijke ontwerpvarianten op subsysteemniveau. Met behulp van de verwachte investering en de exploitatiekosten wordt het meest aantrekkelijke functioneel ontwerp geselecteerd.

Het resultaat van deze fase zijn de specificaties van de producten, het proces en het technische systeem in de vorm van “piping & instrumentation diagrams”, equipment- en instrumentenlijsten en de hulpstoffen- en bedrijfsvoorzieningen.

Voor het gekozen ontwerp worden de eerdere schattingen van de vereiste investering, de exploitatiekosten en de verwachte inkomsten verfijnd tot een begroting. Er vindt ook een verdere uitwerking plaats van het projectplan, voordat het doorgaat naar de volgende fase: het detailontwerp.

2.1.3.2.4 Detail ontwerp

In de detail ontwerp fase worden de functionele subsysteemspecificaties vertaald naar technische specificaties op componentniveau en materiaalkeuzes gedaan. Bij complexe projecten wordt een 3D-CAD model of “Mock Up” vervaardigd, om mogelijke conflicten uit te sluiten. Daarnaast worden procesvoerings-, bedrijfsvoerings-, bedienings- en onderhoudsconcepten ontwikkeld.

Het is van groot belang dat de verschillende technische disciplines die werken aan dit project goed samenwerken.

Het prefabricageplan, de tekeningen en specificaties, het constructie- en montageplan en de daarvoor vereiste budgetten worden uitgewerkt. Tenslotte vindt vrijgave van uitvoering plaats.

2.1.3.2.5 Fabricage, constructie en montage

In de laatste fase vindt de bouw van het technische systeem plaats op basis van de prefabricage, montage- en constructieplannen en tekeningen. Aan deze fase werken opnieuw meerdere technische disciplines. Constructiemanagement, organisatie van de bouwplaats, planning, coördinatie en een veiligheidsplan voor de inzet van de verschillende contractors is van belang voor de doorlooptijd en de kosten. Deze fase eindigt met de status “mechanical complete” van het technische systeem.

2.1.3.2.6 Projectmanagement en organisatie

Het proces bevat ook ondersteunende processen. Dit zijn de werkprocessen: projectmanagement, organisatie, configuratiemanagement en risicoanalyse.

De projectorganisatie en samenstelling van het projectteam, zal van fase tot fase verschillen evenals het projectmanagement. Eigen competenties en capaciteiten voor investeringsprojecten moeten worden bepaald.

Functies als projectvoorbereiding, project- en capaciteitsplanning, voortgangsbewaking en contractorcoördinatie moeten zijn gedefinieerd. Dit geldt eveneens ook voor functies en rollen van de projectinkoop, de goederen- en bouwplaatslogistiek en de ingangsinspectie. De projectadministratie, het financieel beheer, de beschikbaarheid en gebruik van begrotings- en calculatienormen moeten verder worden ingericht.

2.1.3.2.7 Configuratiemanagement en risicoanalyse

Het documentatie-, informatie- en databaseer is van groot belang bij investeringsprojecten. De consequenties en wijzigingen van specificaties op de doorlooptijd, projectkosten en toekomstige exploitatiekosten kunnen namelijk aanzienlijk groot zijn en naarmate een project vordert nemen deze exponentieel toe.

Hierom is het effectief om aan het eind van elk project fase een “design review” te plaatsen. Tijdens deze ontwerpverificatie worden de specificaties, wijzigingsvoorstellen, waaronder afwijkingen van engineering- en normalisatiestandaards, beoordeeld. Specificatiewijzigingen en de consequenties daarvan op de overige specificaties binnen de specificatieketen, de doorlooptijd, het projectbudget en op de toekomstige exploitatiekosten, worden beoordeeld en geautoriseerd. Hierna worden de specificaties “bevroren” en vrijgegeven voor de volgende fase (Smit; 2010).

2.1.4 CONCLUSIES

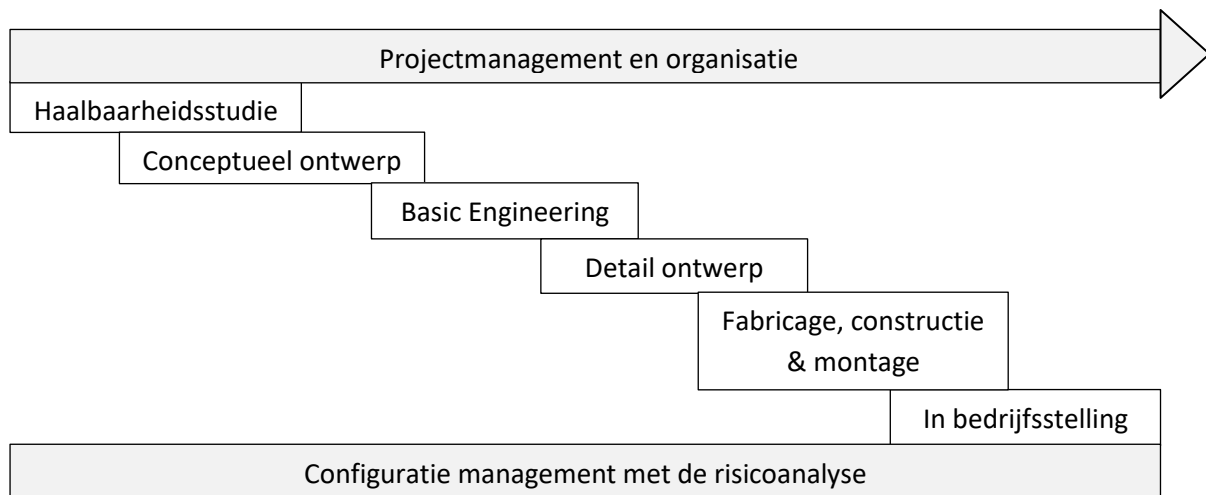
De paragraaf ‘2.1 Onderhoud van systemen binnen en buiten de luchtvaart’ had als doel om de eerste en tweede deelvraag te beantwoorden. De deelvragen luiden:

1. Wat karakteriseert een optimaal (vliegtuig)onderhoudssysteem?
2. Welke methodiek voor productontwikkeling wordt op het moment toegepast binnen de onderhoudstechnologie?

Uit het bovenstaande kan allereerst geconcludeerd worden dat het systeemonderhoud alle handelingen betreft die nodig zijn om het systeem tijdens de levenscyclus zijn functies te laten uitvoeren. Ook kan er geconcludeerd worden dat een systeem het beste werkt als het lange tijd beschikbaar is in combinatie met lage kosten. De beschikbaarheid hangt af van de gebruikstijd en de uitvaltijd van het systeem en wordt bepaald door betrouwbaarheid, onderhoudsgemak, servicemogelijkheden, toegankelijkheid en onderhoudsstrategie.

De twee variabelen voor een optimaal werkend systeem, beschikbaarheid en kosten, kan voor het NLR uitgangspunten bieden bij de idee generatie en selectie. Voor een hogere mate van beschikbaarheid, door een effectiever gebruik van het systeem, kan het NLR de onderhoudstechnologie fases van Porter (1985) verbeteren. Voor lagere kosten kunnen de onderhoudsmanagement fases verbeterd worden. De idee generatie en selectie fase zullen niet aan bod komen in dit onderzoek, maar zijn wel bestudeerd om uiteindelijk een beter onderbouwd methodiek te kunnen presenteren aan het NLR.

De methodiek die gebruikt wordt binnen de onderhoudstechnologie voor productontwikkeling, wordt geïllustreerd in Figuur 2.5. De in Figuur 2.5 besproken methodiek neemt stappen die horen bij het realiseren van een innovatief idee niet of niet goed genoeg mee. De methodiek is hier ook niet voor bedoeld, maar specifiek voor het ontwerp van een al gedefinieerd product binnen de onderhoudstechnologie. Bepaalde fases binnen de methodiek, zoals de marketing van het product, zijn minder van belang bij het ontwikkelen van een al gedefinieerd product, maar wel bij het ontwikkelen van een innovatief idee. Hierom moeten er andere methodieken aan te pas komen. Deze methodieken worden in paragraaf ‘2.3 Realiseren van een innovatief idee’ behandeld.



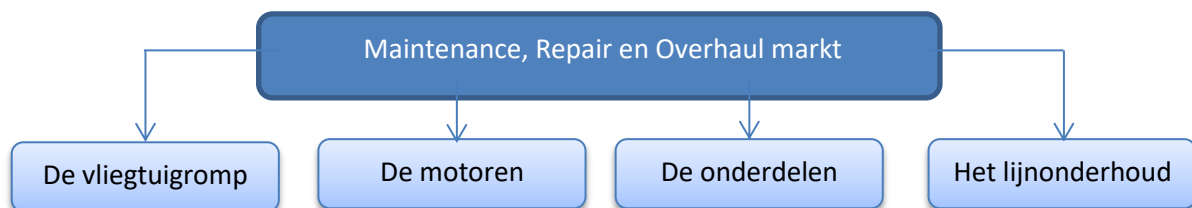
Figuur 2.5: Methodiek onderhoudstechnologie

2.2 DE MAINTENANCE, REPAIR EN OVERHAUL MARKT

Het innovatieve idee zal ontwikkeld worden voor de Maintenance, Repair en Overhaul markt. Dit is namelijk de markt waar de vliegtuigonderhoudstechnologie onder valt en hierom wordt deze markt apart beschreven. Deze paragraaf heeft als doel om een beeld te geven van de MRO-markt en beantwoordt hiermee de tweede deelvraag:

- Wat zijn de actoren en trends van de Maintenance Repair en Overhaul markt?

De Maintenance, Repair en Overhaul markt, ofwel de MRO-markt, is dé markt binnen de luchtvaart dat zich bezig houdt met onderhoud van vliegtuigen. De MRO-markt is verdeeld in vier segmenten:



Figuur 2.6: De MRO-markt

De vliegtuigromp – Het onderhoud aan de vliegtuigromp begeeft zich in een werkomgeving dat regelmatig en vooraf gepland (preventief) onderhoud en nauwkeurige inspectie houdt. Hierbij worden delen van het vliegtuig uit elkaar gehaald en is het vliegtuig dus voor een vooraf bepaalde periode buiten dienst.

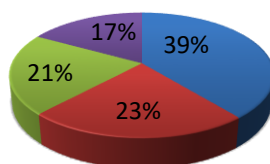
De motoren – Het onderhoud aan de motoren gebeurt ‘off-wing’, ofwel als de motoren van het vliegtuig zijn gedemonteerd. Onderhoud aan de motoren gebeurt preventief. De motor moet worden gedemonteerd, geïnspecteerd, waarna onderdelen gerepareerd of vervangen worden, opnieuw gemonteerd en uiteindelijk getest worden voordat deze weer gebruikt mag worden.

De onderdelen - Dit segment bevat alle onderdelen die gemonteerd worden op een vliegtuig, casco, motor of propellers waar (preventief) onderhoud nodig is.

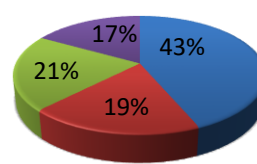
Het lijnonderhoud – Het lijnonderhoud betreft de reguliere onderhoudscontroles om te controleren of het vliegtuig aan alle standaard veiligheidseisen voldoet om te mogen vliegen.

In 2017 is het onderhoud van de motoren het grootste marktsegment met 39%, waarna de vliegtuigromp (23%), de onderdelen (21%) en het lijnonderhoud (17%) volgen. Er wordt over de aankomende tien jaar een marktgroei van 4% verwacht op het onderhoud van de motoren, ten koste van het onderhoud van de vliegtuigromp. De andere twee segmenten zouden constant moeten blijven (Cooper et al; 2017). Zie Figuur 2.7 ter verduidelijking.

MRO markt (2017)



MRO markt (2027)



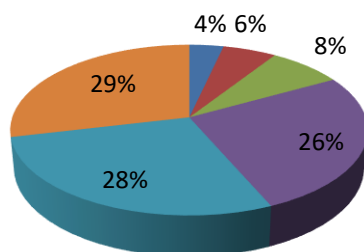
Figuur 2.7: Richting segmenten MRO-markt

De MRO-markt op het gebied van de luchtvaart is de grootste ter wereld. ¹ Met een marktwaarde van \$67.1 miljard in 2015 is het een opmerkelijk grote markt en forecast experts voorspellen dat de markt nog hard groeit in de toekomst. Zo wordt er volgens de meest recente forecast van Aviation Week de aankomende 10 jaar een gemiddelde marktgroei van 3.9% per jaar verwacht. Volgens deze forecast zal de MRO-markt in 2026 een waarde hebben van \$104 miljard.

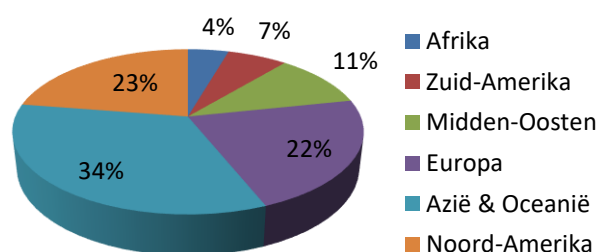
Oorzaken van de groeiende markt zijn onder andere het toenemend aantal civiele vliegtuigen en veiligheidsregels. Zo wordt verwacht dat het aantal vliegtuigen van 33.200 in 2017 met gemiddeld 3.7% zal stijgen tot 46.200 in 2026. Dit resulteert in \$3.3 biljoen aan nieuwe vliegtuigen. ² Andere oorzaken zijn de veranderende regelgeving, de afnemende kosten en een groeiende vraag van de klanten. Verder neemt ook het aantal civiele helikopters ook toe en wordt dit naar verwachting een belangrijk MRO-segment.

Op de MRO-markt bevinden de grootste aandeelhouders zich in Noord-Amerika, Europa en Azië & Oceanië. Hierbij neemt Noord-Amerika(29%) het grootste aandeel op zich, gevolgd door Azië & Oceanië(28%) en Europa(26%). Echter, ICF International verwacht de aankomende tien jaar een stijgend aandeel van Azië en Oceanië ten opzichte van Noord-Amerika en Europa. Verwacht wordt dat de uitgaven in Azië en Oceanië met maar liefst \$14.3 miljard toenemen. Wel moet in achtning genomen worden dat de uitgaven van Noord-Amerika en Europa nog steeds blijven stijgen met \$3.2 en \$4.3 miljard dollar. Zie Figuur 2.8 ter verduidelijking. ³

**Continentale uitgave
MRO-markt (2015)**



**Continentale uitgave
MRO-markt (2025)**



Figuur 2.8: Continentale uitgaves MRO-markt

De trends van de MRO-markt kunnen door het NLR gebruikt worden tijdens de idee generatie en selectie fase, maar ook bij de marketing van het product. De trends kunnen tijdens de idee generatie fase gebruikt worden voor het vinden van mogelijkheden op de verschillende marktsegmenten. Ook zouden de trends kunnen meewegen bij het kiezen van de meest belovende innovatie. Als laatste zouden de trends van de MRO-markt gebruikt kunnen worden bij de marktsegmentatie. De marktsegmentatie is een stap die hoort bij de marketing van het product en de werking hiervan komt verderop in dit document aan bod.

¹ <http://aviationweek.com/mro/new-focus-north-american-mros-innovation>

² Aviation speednews MRO Europe Amsterdam (October 19, 2016)

³ <https://www.icf.com/-/media/files/icf/presentations/2017/icf-jberger2017mrolatinamerica.pdf>

2.3 REALISEREN VAN EEN INNOVATIEF IDEE

In de derde en laatste paragraaf van de literatuurstudie komen verschillende methodieken aan bod die gebruikt kunnen worden bij het realiseren van een innovatief idee. In tegenstelling tot de methodiek uit de onderhoudstechnologie behandelen deze methodieken het ontwikkelingsproces voor innovatieve ideeën. Dit proces loopt vanaf een initieel innovatief idee tot aan de marktintroductie. Als eerst wordt het concept 'New Product Development' beschreven. Hierna wordt de methodiek uit het innovatie management nader toegelicht en volgt een uitleg van de twee grootste startup methodieken: 'The Lean Startup'- en de 'Design Thinking' strategie. Ook zal de methodiek van de 'Technology Readiness Levels' besproken worden. De methodiek van de New Product Development en de startup strategieën zijn aan bod gekomen tijdens de studie van de auteur en zijn hierdoor op het spoor gekomen van dit onderzoek. De methodiek uit het innovatie management werd door een medewerker bij het NLR aangeraden.

Met paragraaf '2.3 Realiseren van een innovatief idee' kan de derde deelvraag van dit onderzoek beantwoord worden:

- Welke methodieken zijn er voor de realisatie van innovatieve ideeën?

Van elk van de beschreven methodieken worden de stappen bestudeert, waarna een methodiek samengesteld kan worden waarbij alle stappen terugkomen. De methodiek die hieruit voortvloeit kan hierna met behulp van de interviews met de NLR medewerkers gespecificeerd worden tot de uiteindelijke methodiek.

2.3 HET CONCEPT 'NEW PRODUCT DEVELOPMENT'

Voor het beschrijven van de new product development is het boek van Trott (2012) gebruikt. De new product development betreft het beheer van de verschillende vakgebieden die betrokken zijn bij het ontwikkelen van een nieuw product. Er zijn grofweg vijf vakgebieden betrokken bij de new product development, namelijk de marketing, financiën, productie, research & development (R&D) en het ontwerp & engineering. Figuur 2.9 is ter verduidelijking toegevoegd.



Figuur 2.9: Vakgebieden New Product Development

De focus bij het ontwikkelen van een nieuw product verschilt per branche. Zo staat in de food- en kledingbranche onderzoek naar de wensen van de klanten centraal, maar ligt de focus bij de farmaceutische industrie en de luchtvaart bij wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen. Ook zijn de veiligheidseisen bij het ontwikkelen van medicijnen en in de luchtvaart vele malen strenger dan bij bijvoorbeeld een nieuw kledingstuk.

Ondanks het feit dat er vijf focuspunten zijn, wordt het proces van het ontwikkelen van een nieuw product gepresenteerd als een stappenplan met acht fases. De fases zijn in Figuur 2.10 geïllustreerd en worden daarna kort beschreven:



Figuur 2.10: Methodiek New Product Development

2.3.1.1 *Het genereren van een idee*

De New Product Development methodiek begint bij het genereren van een idee. Ideeën kunnen op verschillende manieren ontstaan, zoals brainstormsessies of R&D, maar ook vanuit communicatie met medewerkers, concurrenten of klanten.

2.3.1.2 *Screenen van het idee*

Tijdens deze fase moet er gekeken worden of het product wel winstgevend zal zijn en of het produceren van het product dus wel zin heeft.

2.3.1.3 *Conceptontwikkeling en testen*

Hierna vind het produceren van een prototype plaats. Tijdens de derde fase wordt er ook gekeken naar patentrechten, zodat de organisatie niet naderhand erachter komt dat dit product al gepatenteerd is en men dit dus eigenlijk niet mag ontwikkelen. Dit prototype wordt ook getest door potentiële klanten.

2.3.1.4 *Bedrijfseconomische analyse*

De vierde fase staat in het teken van de bedrijfseconomische analyse. Tijdens deze fase wordt de verkoopprijs en de hoeveelheid geproduceerde artikelen bepaald. Verder wordt opnieuw de winstgevendheid berekend en het break-even point bepaald.

2.3.1.5 *Ontwikkelen van het product*

Als de vijfde fase bereikt wordt is het bedrijf tevreden met de verwachte winstgevendheid van het product en kan de daadwerkelijke productie beginnen. Het bedrijf bezit al de werkplannen, leverancierscontracten en het middelenramingsplan. Daarnaast wordt er in deze fase voorspeld wat er allemaal verkeerd zou kunnen gaan bij het ontwikkelingsproces, zodat hier rekening mee gehouden kan worden.

2.3.1.6 *Marketing van het product*

Het product wordt in deze fase door middel van een marketingplan gepromoot bij alle potentiële klanten. Hiermee wordt aandacht gewekt voor het product en kunnen alle partijen hun interesse kenbaar maken.

2.3.1.7 *Naar de markt brengen van het product*

In de zevende fase wordt het product op de markt geïntroduceerd. Klanten kunnen het product nu dus kopen. Het is in deze fase zinvol om wederom advertenties te plaatsen en het product te promoten, zodat er opnieuw aandacht gewerkt wordt voor het product.

2.3.1.8 *Toezicht en evaluatie*

De laatste fase van de 'New Product Development' staat in het teken van toezicht en evaluatie. Het proces wordt geanalyseerd en er wordt gekeken naar verbetering. Er wordt regelmatig onderzocht of de marktvraag verandert om hier op in te kunnen spelen (Trott; 2012).

2.3.2 INNOVATIE MANAGEMENT

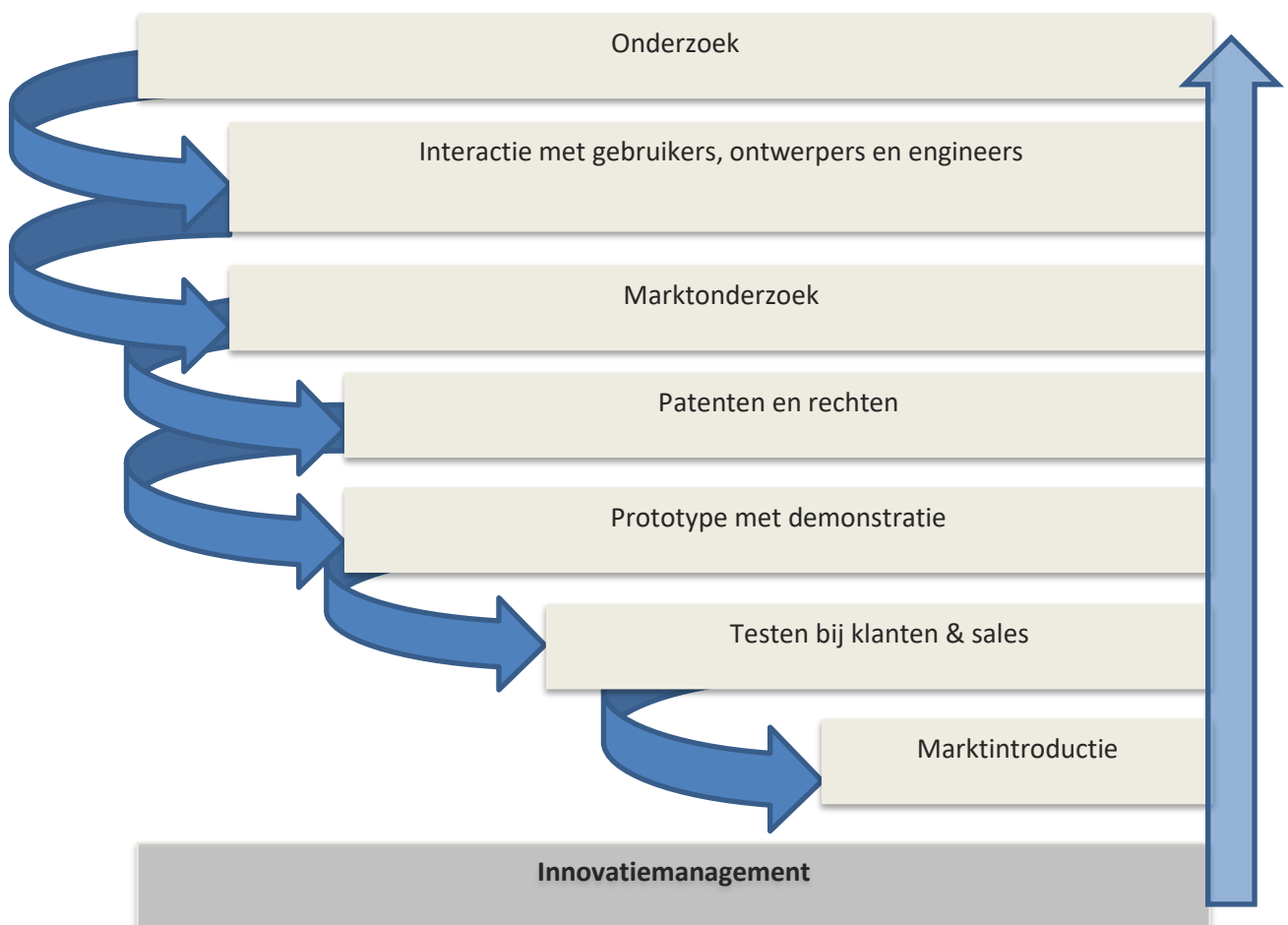
Dit onderzoek ontwerpt een methodiek voor als het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum een innovatief idee wil realiseren. Hierom is het nuttig om te onderzoeken wat er allemaal komt kijken bij het innovatie management.

Innovatie is heel breed te definiëren en bevat het totale proces dat komt kijken bij een nieuw product, proces of markt. Innovatie wordt in Trott (2012) als volgt omschreven:

‘Innovatie is het beheer van alle activiteiten die te maken hebben met het proces van het genereren van een idee, ontwikkelen van een technologie en de productie en marketing van een nieuw of verbeterd product of proces.’

Voor innovatie moet er een combinatie zijn van market pull en technology push. Er moet namelijk vraag zijn bij de markt voor dit innovatief product, maar de technologie zelf moet ook zo geavanceerd zijn dat het aan de huidige marktwensen voldoet en ook nieuwe mogelijkheden biedt.

Voor het proces dat hoort bij het realiseren van een innovatief product is er het KET-traject. Dit traject staat centraal binnen het innovatie management en wordt dan ook aangeraden door de Europese commissie op het gebied van innovatie. Het KET-Traject wordt hieronder in Figuur 2.11 weergegeven (Schröcker; 2013).



Figuur 2.11: Methodiek KET-Traject

2.3.3 STARTUP STRATEGIEËN

Een startup is een onderneming dat een innovatief product, proces of service wil ontwikkelen en dit succesvol naar de markt wil brengen. Dit proces loopt dus van een initieel idee tot aan de marktintroductie en is dus relevant voor dit onderzoek. Het ontwikkelingsproces bij startups is lastiger dan bij grote bedrijven, omdat zij nog geen naamsbekendheid en minder financiële mogelijkheden hebben. De startups starten hierom vanuit het worst-case scenario en als startups het ontwikkelingsproces succesvol kunnen doorlopen, valt er voor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum te leren van de methodiek dat zij gebruikt hebben. Hierom bevat dit deel van het onderzoek een overzicht met de twee grootste, relevante startup strategieën: De lean startup strategie en de design thinking strategie.

2.3.3.1 *Lean Startup strategie*

De lean start-up strategie, is een methode om efficiënt een innovatief product te ontwikkelen en is ontworpen door Eric Ries in 2008. Een startup wordt gedefinieerd als

“Een menselijk instituut ontworpen om een nieuw product of dienst te leveren onder extreme onzekerheid.”

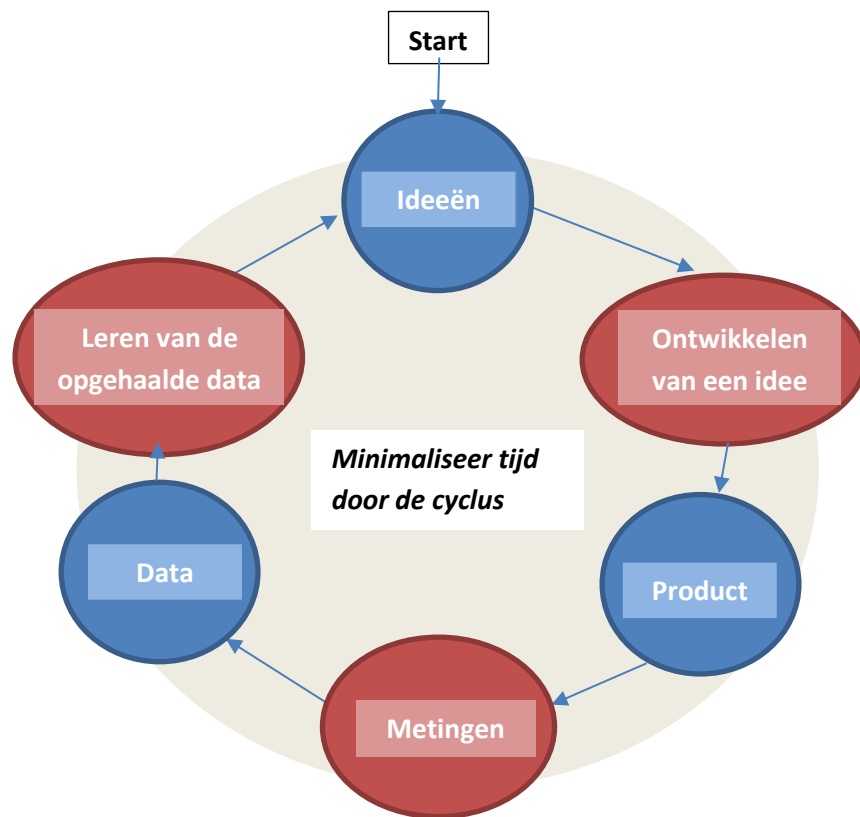
De wortels van de ‘lean’ gedachte ligt bij Toyota, dat bekend staat om haar innovatieve just-in-time productie en voorraad. Bij Toyota is de creativiteit van het individu belangrijk en hebben ze als doel om batchgroottes te verkleinen.

De lean start-up strategie rust op vijf principes:

1. **Ondernemers zijn overal:** Ondernemers worden gedefinieerd als mensen die werken aan een nieuw product en dus zijn er ook overal ondernemers te vinden.
2. **Een ondernemend management:** Een startup moet een management hebben dat om kan gaan met grote onzekerheid.
3. **Gevalideerd leren:** Startups moeten als doel hebben om te leren hoe ze een duurzame onderneming kunnen worden. Dit leerproces is gebaseerd op het opnieuw valideren van elementen uit hun visie middels experimenten.
4. **Produceren-Meten-Leren:** Het fundament van een startup ligt bij het realiseren van ideeën in de vorm van een product, kijken hoe klanten reageren op dit product en hieruit bepalen of ze door moeten gaan in het ontwikkelingsproces of het idee moeten aanpassen. Alle succesvolle startups moeten deze loop doorlopen. De loop is weergegeven in Figuur 2.12.
5. **Innovatieve boekhouding:** Om vooruitgang te blijven boeken moet er ook gefocust worden op hoe progressie gemeten gaat worden, moeten er mijlpijlen gezet worden en moeten de juiste prioriteiten gesteld worden. (Ries, 2011)

De methodiek rust op het feit dat een innovatief product alleen efficiënt ontwikkeld kan worden als er daadwerkelijk vraag is naar het product. Het verandert het ontwikkelingsproces in vergelijking met andere methodieken meer naar een gebruikersgerichte aanpak en is dus vooral gericht op de behoefte van de klant. Het doel van de lean start-up strategie is om continu feedback te ontvangen van klanten, zodat hiermee een gewild product ontworpen kan worden. (Maurya, 2012)

Binnen de lean start-up strategie is er niet één duidelijk proces dat bij elk innovatief product langsgelopen moet worden. Een proces dat de grote lijnen wel weergeeft en ontwikkeld is door Ries in 2011, is de 'lean learning cycle', dat in Figuur 2.12 geïllustreerd is.



Figuur 3382: De Lean Learning Cycle

Het proces van de lean learning cycle start vanuit een initieel idee dat ontwikkeld gaat worden. Hier komt een product uit voort waarop metingen zullen plaatsvinden op basis van de reacties van toekomstige klanten. Hieruit volgt data, waarvan geleerd moet worden middels een analyse. Hierna kan met behulp van de opgehaalde data het idee aangepast worden en begint de cyclus opnieuw. Het is belangrijk dat tijd door de cyclus heen geminimaliseerd wordt.

Volgens Ries mislukken startups vaak omdat ze geen goede plan, degelijke strategie en/of uitgebreide marktonderzoek hebben uitgevoerd. In combinatie met een gebrek aan goed management leidt dit vaak tot een chaotisch proces. Een startup zou een groter kans van slagen hebben, als het middels de leercirkel hun ideeën continu zouden testen in de markt en deze feedback zouden verwerken totdat het idee ver genoeg ontwikkeld is dat de betreffende doelgroep het concept zou aanschaffen (Ries; 2011).

Ondanks het feit dat de methodiek van Ries tot successen heeft geleid, moet toch benoemd worden dat dit niet altijd het geval hoeft te zijn. In de praktijk kan het anders lopen dan alvorens uitgedacht. Het product kan bijvoorbeeld niet altijd eindeloos getest worden in de markt. Ook is dit een heel generieke methodiek dat bij het ontwikkelen van bepaalde innovaties goed kan werken, maar niet het geval hoeft te zijn bij alle producten.

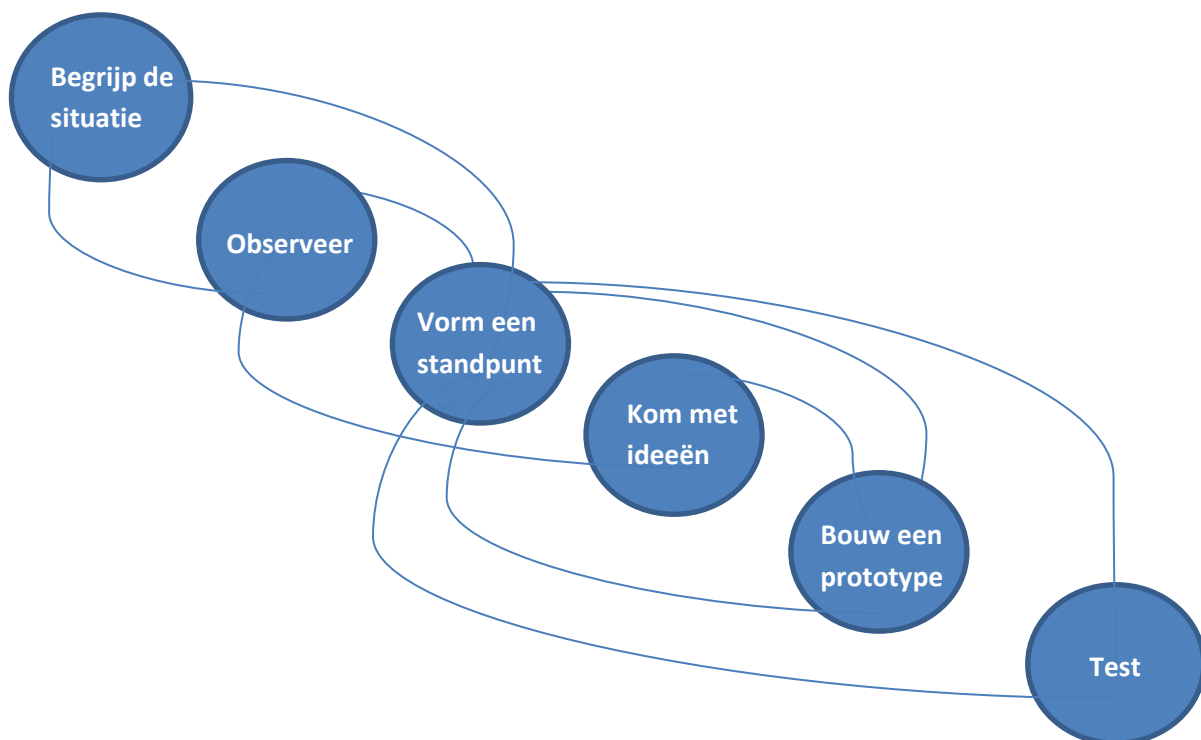
2.3.3.2 *Design Thinking strategie*

Een andere gebruikersgerichte startup methodiek is de Design Thinking strategie, dat in de jaren 90 is ontwikkeld door de consultancy IDEO. Het principe is vergelijkbaar met de lean startup strategie; het probeert de behoeftes van de klant te identificeren en hiermee gewilde producten te creëren. De identificatie vindt plaats door middel van observaties, waarbij er gekeken wordt wat klanten nodig hebben en wat klanten wel en niet willen terug zien in een product.

Gebaseerd op de behoeftes van de gebruiker en door middel van multidisciplinaire teams, heeft het als doel om ingewikkelde problemen op te lossen en hiermee innovatieve producten te ontwikkelen.

De methodiek loopt van een innovatief idee tot aan het testen van het prototype en heeft als doel om te leren van de data uit de zes stappen van het proces, geïllustreerd in Figuur 2.13. Er wordt dan op een continue basis gereflecteerd op de opgehaalde data en aan de hand hiervan kan het idee en product aangepast worden (Müller en Thoring; 2012).

De Design Thinking strategie bevat drie fases, namelijk de inspiratie-, ideevorming- en de implementatiefase. De fases worden beschreven en verduidelijkt aan de hand van Figuren 2.13 en 2.14.



Figuur 2.13: Methodiek Design Thinking strategie



Figuur 2.14: Fases Design Thinking strategie

Bij de methodiek is het belangrijk de situatie waar het idee voor ontwikkeld gaat worden goed te begrijpen. Er moet hierbij gekeken worden naar waar de problemen en oplossingen liggen en wat de klanten nodig hebben en graag zouden willen terug zien in een product. Het is goed om hierbij verschillende vakgebieden te betrekken. Als de observaties gedaan zijn, kan er een standpunt gevormd worden over de tekorten van de betreffende markt. De eerste fase van de Design Thinking strategie, de inspiratiefase, loopt tot het vormen van de standpunt. Zie Figuur 2.14 ter verduidelijking.

Er kan dan middels mogelijke ideeën een oplossing gevonden worden voor de tekorten in de markt. Dit kan gedaan worden door middel van brainstormsessies. De klant moet het middelpunt zijn van de productontwikkeling. Hierna wordt het prototype gebouwd en getest bij potentiële klanten, totdat het rijp genoeg is voor de markt. Als het product rijp genoeg is voor de markt kan de tweede fase, de ideevorming, afgesloten worden.

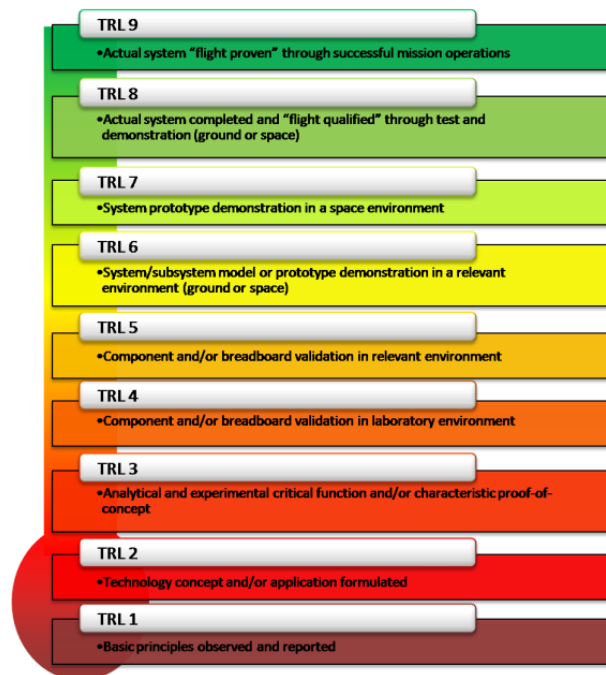
Als klanten het product zouden aanschaffen en het product dus in de markt geïmplementeerd zou kunnen worden, begeeft het ontwikkelingsproces zich in de derde en laatste fase. Deze implementatiefase betreft de marketing van het product en het creëren van een business case (Brown; 2008).

In vergelijking met de leercirkel van Ries, heeft de Design Thinking methodiek wel een begin en eindpunt (Müller en Thoring; 2012).

2.3.4 TECHNOLOGY READINESS LEVEL

De Technology Readiness Level (TRL) is een meetmethode dat gebruikt wordt om de volwassenheid van een technologie te bepalen. De meetmethode wordt veel gebruikt in de luchtvaart en komt ook vaker terug in dit document. Hierom wordt de meetmethode kort beschreven.

De Technology Readiness Level loopt van TRL 1 tot TRL 9, waarvan 1 het laagst en 9 het hoogst is in het proces. Hiermee kan de voortgang van een project bepaald worden. Figuur 2.15 is ter verduidelijking toegevoegd.



Figuur 2.15: Methodiek Technology Readiness Levels

Technology Readiness Level 1 houdt in dat het bedrijf begonnen is met het onderzoek naar de innovatieve mogelijkheden. Dit is het geval bij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum.

TRL 2 start als de mogelijkheden bestudeerd zijn en er een concept gevonden is dat gerealiseerd gaat worden. Level 3 start als het concept op analytische wijze getest wordt. Dit gebeurt veelal in een laboratorium.

TRL 4 bestaat uit het testen van de technologische componenten in een laboratorium. In TRL 5 worden de componenten getest in een relevante omgeving. In TRL 6 bezit het bedrijf ook een werkend prototype. Dit prototype wordt dan opnieuw getest in de relevante omgeving.

Tijdens Technology Readiness Level 7 wordt het prototype getest in een uiteindelijke togedachte omgeving. In dit onderzoek zou dit bijvoorbeeld kunnen gebeuren in een hangar. TRL 8 betekent dat de technologie getest is in de togedachte omgeving en klaar is voor een test in de praktijk. TRL 9 is behaald als TRL 8 succesvol was en de technologie dus klaar is voor gebruik.⁴

⁴ https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html

2.3.5 CONCLUSIES

Paragraaf '2.3 Realiseren van een innovatief idee' had als doel om de derde deelvraag van dit onderzoek te beantwoorden. De derde deelvraag luidde:

- Welke methodieken zijn er voor de realisatie van innovatieve ideeën?

Er zijn veel methodieken ten behoeve van het realiseren van innovatieve ideeën. Vier methodieken zijn hierboven beschreven en de grote lijnen van deze methodieken worden hieronder geschetst. De uitkomsten zijn ook in Tabel 2.2 geïllustreerd.

Allereerst is te zien dat drie van de vier methodieken een iteratief proces bevatten. Dit is vaak van toepassing bij innovatieve producten, aangezien tijdens het ontwikkelingsproces nog veel kan veranderen en dit is hierom een logische stap in het proces.

Daarnaast staat de klant in de vier methodieken centraal. Het product moet eerst in de vorm van een screening of juist heel direct middels interactie getest worden bij de klant, waarbij er gekeken wordt of het product wel aan de eisen en wensen van de klant voldoet. De gebruikersgerichtheid komt heel duidelijk naar voren bij de startup methodieken.

Daarnaast wordt er zowel bij de new product development tijdens de conceptontwikkeling als bij het KET-traject gekeken naar het beschermen van het intellectueel eigendom. Ook wordt het beschermen van het intellectueel eigendom apart genoemd in het boek van Ries. Het is dus een stap in het ontwikkelingsproces waarop gelet moet worden en waarmee voorkomen kan worden dat het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum verderop in het ontwikkelingsproces te maken krijgt met juridische conflicten.

Verder is het bouwen en testen van het prototype een stap dat in alle vier de methodieken terugkomt. Hierbij hoort ook het testen van het product bij potentiële klanten.

Dan kan bij zowel de methodiek van de New Product Development als de Design Thinking strategie de marketing van het product plaatsvinden, waarna de marktintroductie van het product volgt. Dit is bij alle methodieken het einde van het ontwikkelingsproces, behalve bij New Product Development. Daar vindt dan nog de toezicht en evaluatie van het product plaats.

Methodieken	Iteratief proces	Klantgericht heid	Bescherming intellectueel eigendom	Bouwen en testen prototype	Marketing	Marktintroductie	Toezicht en evaluatie
New Product Development	Ja	Hoog	Ja	Aanwezig	Direct aanwezig	Direct aanwezig	Ja
KET-Traject	Ja	Hoog	Ja	Aanwezig	Indirect aanwezig	Direct aanwezig	Nee
Lean Startup Strategie	Ja	Zeer hoog	Ja	Aanwezig	Indirect aanwezig	Indirect aanwezig	Nee
Design Thinking Strategie	Ja	Zeer hoog	Nee	Aanwezig	Direct aanwezig	Indirect aanwezig	Nee

Tabel 2.2: Methodieken voor innovatieve ideeën

De kennis die hier is opgedaan zal gebruikt worden bij het samenstellen van de initiële methodiek, die gepresenteerd wordt aan NLR medewerkers. Met feedback uit de interviews zal hierna de uiteindelijke methodiek samengesteld worden.

HOOFDSTUK 3: HUIDIGE SITUATIE NEDERLANDS

LUCHT- EN RUIMTEVAARTCENTRUM

Om te weten hoe het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum dit project moet aanpakken, is het belangrijk eerdere, vergelijkbare projecten te analyseren. Dit hoofdstuk zal hierom de eerdere projecten met de bijbehorende methodieken analyseren door middel van interviews. Voor meer achtergrondinformatie over de geïnterviewde personen kan Appendix B geraadpleegd worden. Met de kennis vergaard in de interviews wordt de vijfde en laatste deelvraag beantwoord:

- Welke methodieken worden momenteel binnen het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum gebruikt voor een productontwikkeling?

De heer Eveleens [1], de heer Van Rijn [2] en de heer Thuis [3] zijn geïnterviewd om de huidige situatie bij het NLR te schetsen. Met hen werd het verloop van projecten bij het NLR besproken, waar zij functies van project- of afdelingsmanager bekleedden. Hierbij werd er gevraagd wat er goed ging bij het project en waar mogelijke verbetering lag voor toekomstige ontwikkelingsprojecten. Ten slotte werd met hen naar de stappen uit de hierboven benoemde methodieken gekeken en besproken welke stappen er volgens hen nodig zijn bij het ontwikkelingsproces van een innovatief idee met betrekking tot de onderhoudstechnologie.

3.1 EMBEDDED TRAINING

Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum heeft in samenwerking met Dutch Space het 'Embedded Combat Aircraft Training System' (ECATS) ontwikkeld. Dit is een trainingssimulatieprogramma dat gebouwd zal worden in de F-35. Met dit programma worden voor de piloten virtuele tegenstanders in een oorlogsarena gesimuleerd. Het voordeel van embedded training is dat piloten voor trainingen niet meer afhankelijk zijn van anderen. Daarnaast hoeven er geen echte gevechtstegenstanders de lucht in, wat een stuk voordeliger trainen is. Het trainingssimulatieprogramma lijkt om de genoemde redenen een goed product, maar had alsnog veel tijd en overtuigingskracht nodig bij de uiteindelijke klant.

3.1.1 PROJECTVERLOOP

Dit project heeft een lange historie. Het project is gestart door Dutch Space in 1993 en het NLR kwam hier later bij. Het startte als een EUCLID project en was een defensieonderzoek waar meerdere landen aan meededen. Het thema was embedded training.

Er was vanaf het begin veel marketing vanuit Dutch Space. De marketing en de zoektocht naar klanten was een continu proces. Het vinden van een klant was het belangrijkste. Als ze een klant gevonden hadden, zouden ze het eindproduct ontwikkelen op basis van de wensen van de klant. Daarnaast werd er geen extensief marktonderzoek uitgevoerd, maar wist het NLR wel waar de concurrerende landen mee bezig waren. Concurrentie kwam van Israël en Duitsland. Duitsland is uiteindelijk niet verder gegaan met dit project. Dutch Space en het NLR hebben in het traject wat ideeën overgenomen van de concurrenten. Wel werd er een business case gemaakt. Toen de klant, Lockheed Corporation, in 2009 aangetrokken was konden de juiste licenties aangevraagd worden. De juiste kwalificatie van de Verenigde Staten verkrijgen was een hele klus,

maar in 2009 wisten ze waar ze allemaal aan moesten voldoen. Het contract was zo opgesteld dat het overeenkwam met de contracteisen van de Verenigde Staten. Voor een dergelijk contract wordt een Request For Proposal geschreven waar alle eisen inzitten.

Hierna volgde de uiteindelijke demonstratie van het trainingssimulatieprogramma in 2012. Dit verliep succesvol en hierop volgde de marktintroductie. Het ontwikkelingsproces eindigt met het toezicht houden op het trainingssimulatieprogramma en het creëren van upgrades voor het systeem. Hieronder is in Figuur 3.1 de grote lijnen van het projectverloop weergegeven. [1]



Figuur 3.1: Methodiek Embedded Training

3.2 MEETSYSTEMEN F-35

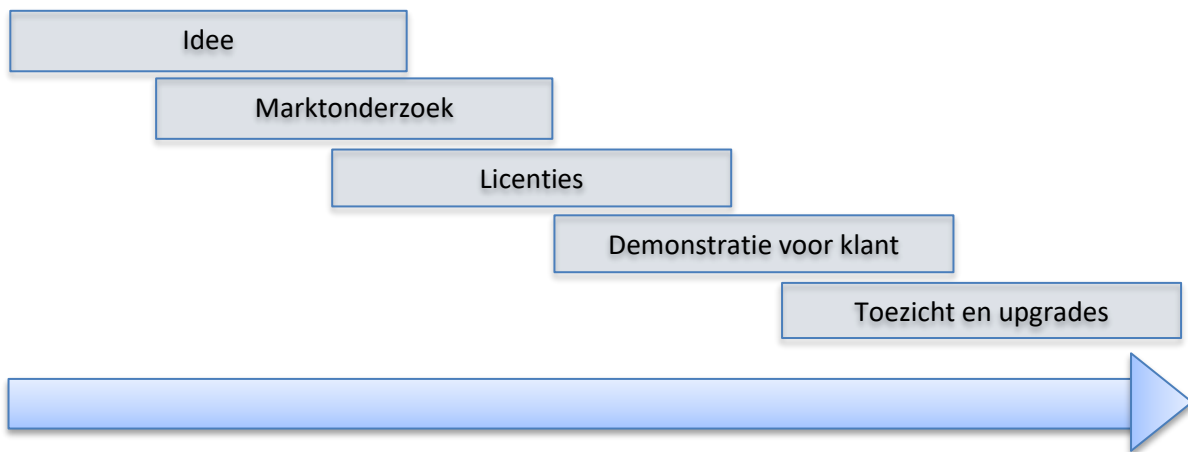
In 2012 vond de Nederlandse luchtmacht dat de meetsystemen van de gevechtsvliegtuigen vernieuwd moesten worden. De meetsystemen waren op dat moment 15 jaar oud en er was behoefte aan vernieuwing. Hiervoor had de luchtmacht een project gestart in samenwerking met het NLR. Dit project liep tot 2014.

3.2.1 PROJECTVERLOOP

Dit project was gestart door de luchtmacht en heeft minder dan 2 jaar geduurd. Het project startte dus met het idee om de meetsystemen te vernieuwen. Hierna volgde een marktonderzoek, dat een half jaar lang parttime uitgevoerd werd, waarin gekeken werd welke partijen het NLR en de luchtmacht konden helpen bij het project. Hieruit kozen ze logischerwijs de partij uit met het beste aanbod en bezochten ze deze fabrikant voor een factory acceptance test (FAT) eind 2012. Dit was een zeer positieve evaluatie.

Het proces vervolgde zich met het bouwen van het eindproduct. Dit ging stapsgewijs en begon in een lab. Toen de evaluatie hiervan positief was konden voorbereidingen voor het gevechtsvliegtuig

plaatsvinden. De vliegtuigvoorbereidingen en labtesten hebben 8 maanden geduurd. Hierna volgde het installeren van het meetsysteem in het gevechtsvliegtuig. Dit deed het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum niet zelf, maar werd gedaan door de luchtmacht. Wel hielp het NLR bij het integreren van het systeem. Hieronder in Figuur 3.2 zijn de grote lijnen van het projectverloop geschetst. [2]



Figuur 3.2: Methodiek F-35 Meetsystemen

3.3 COMPOSITE DRAGBRACE F-35

Fokker Technologies is meer dan 20 jaar actief in het ontwikkelen van technologieën voor de toepassing van dikwandige polymeer matrix composieten (PMC) op primaire componenten van landingsgestellen. Fokker startte 15 jaar geleden een project met het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum om de gebruikelijke metalen onderdelen te vervangen met composiet.

3.3.1 PROJECTVERLOOP

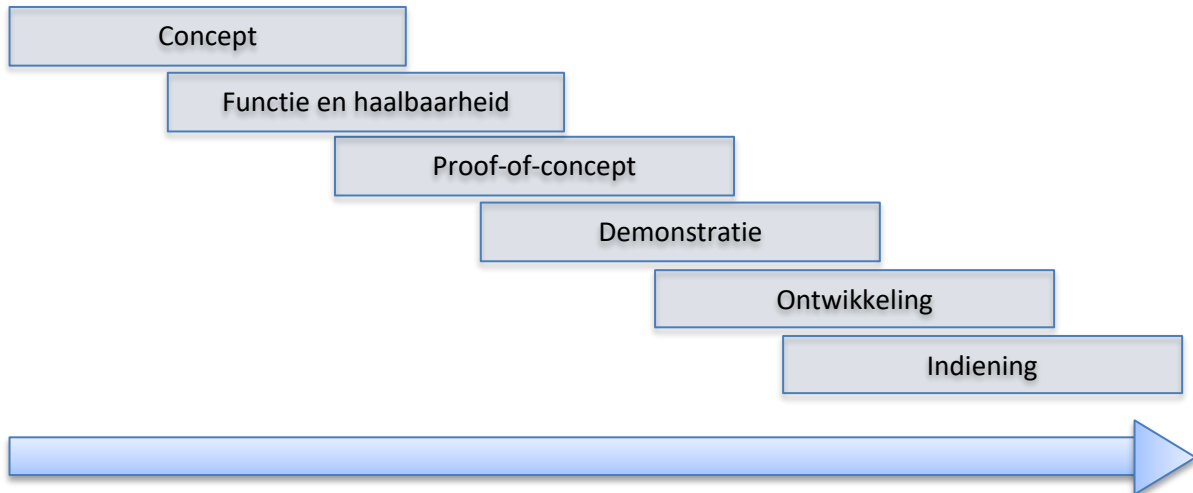
Het project begon met het idee om composieten te gebruiken voor landingsgestellen in de luchtvaart. Er werd een marktonderzoek uitgevoerd door Fokker om de mogelijkheden te bekijken. Het project begon met helikopters als testmateriaal. Met de helikopters werd TRL 3 behaald, wat betekent dat het concept getest is in een laboratorium.

Hierna ging het project verder met het ontwikkelen van een composieten trekhaak voor de helikopter. Voor dit project werd de technische haalbaarheid van het product getest door het NLR en Fokker testte de financiële haalbaarheid. Ook werden er patenten aangevraagd door Fokker voor het ontwikkelingsproces, waarvan een deel van de patenten op naam staan van het NLR. Met dit project werd TRL 6 gehaald. Bij het behalen van dit Technology Readiness Level toonden andere bedrijven uit de civiele luchtvaart interesse in het project.

Tien jaar geleden kwam het project met betrekking tot de Joint Strike Fighter (JSF) opgang. Hier wilde het NLR ook aan meedoen, maar hiervoor was wel de eis van Lockheed dat het NLR eerst TRL 7 behaalde met het Composite Dragbrace project. Deze hogere TRL werd behaald met de F-16, omdat het onderstel van de F-16 veel gelijkenissen toont met het onderstel van de F-35. Voordat het project van start ging, werd eerst de certificering afgewikkeld met de militaire luchtvaart autoriteit (MLA). Met de F-16 werd TRL 7 gehaald en hiermee had het NLR voldoende vertrouwen gewonnen bij

Lockheed en de luchtmacht waardoor het project werd binnen gehaald. De F-35 programma loopt nu drie jaar en de communicatie met de luchtmacht verloopt via Fokker.

Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum heeft nu TRL 8 behaald, met het opzetten van een pilotplant met een proeffabriek. [3]



Figuur 3.3: Methodiek F-35 Composite Dragbrace

3.4 CONCLUSIES

Hoofdstuk 3 ‘Huidige situatie Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum’ had als doel om de vijfde en laatste deelvraag van dit onderzoek te beantwoorden. De deelvraag luidde:

- Welke methodieken worden momenteel binnen het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum gebruikt voor productontwikkeling?

Methodieken	Iteratief proces	Klantgericht heid	Bescherming intellectueel eigendom	Bouwen en testen prototype	Marketing	Marktintroductie	Toezicht en evaluatie
Embedded Training	Ja	Zeer hoog	Nee	Indirect aanwezig	Direct aanwezig	Direct aanwezig	Deels
F-35 Meetsysteem	Ja	Hoog	Nee	Indirect aanwezig	Indirect aanwezig	Direct aanwezig	Deels
F-35 Composite Dragbrace	Ja	Zeer hoog	Ja	Indirect aanwezig	Indirect aanwezig	Direct aanwezig	Nee

Tabel 3: Methodieken NLR projecten

De methodieken die gebruikt zijn bij het NLR beginnen allen vanuit een reeds gekozen idee, waarna een kort marktonderzoek volgt. Bij het ‘embedded trainen’ project was er veel overtuiging nodig bij de klant, wat resulteerde in veel interactie met de klant. Marketing en demonstraties vonden hierbij parallel aan het proces plaats. Hierna volgde bij de drie methodieken het verkrijgen van de juiste licenties, wat relatief veel tijd gekost heeft in het ontwikkelingsproces. Als de juiste licenties verkregen waren en het prototype zover ontwikkeld was dat het aan de behoeftes van de klant voldeed, kon een laatste demonstratie plaatsvinden. Daarop volgde de daadwerkelijke verkoop en marktintroductie van het product. De methodieken eindigen met het toezicht houden op het ontwikkelde product en een evaluatie van het project.

De methodieken die gebruikt zijn bij de embedded training en F-35 meetsysteem projecten lijken in de grote lijnen op de methodieken uit de literatuur. Zo bevatten de methodieken van het NLR net als de methodieken uit de literatuur een marktonderzoek en wordt er aandacht besteed aan marketing en demonstraties. Verder is het verkrijgen van de juiste licenties een stap dat ook in de andere methodieken terugkomt, wordt er ook toezicht gehouden op het product en is er ruimte voor mogelijke upgrades van het product. Het project van de F-35 Composite Dragbrace is minder vergelijkbaar met de methodieken uit de literatuur, omdat hierbij vooral de methodiek van de Technology Readiness Level gebruikt werd.

De methodieken geven in vergelijking met de literatuur geen ruimte voor het beschermen van het intellectueel eigendom. Verder zijn het bouwen van een prototype en het uiteindelijke productieproces al verwerkt in de methodiek en geen aparte tussenstappen in de methodieken van het NLR. Ten slotte is er geen evaluatie van het ontwikkelingsproject gepland, wat wel het geval is bij methodieken in de literatuur. Bij het aanbod gestuurd ontwikkelen van een innovatief product zijn dit volgens de literatuur stappen die beslist meegenomen moeten worden in de methodiek. Dit onderzoek behandelt namelijk de realisatie van een innovatief idee vanuit het NLR, waarbij nog geen klant gevonden is. Bij de drie andere methodieken kwam het project tot stand vanuit een andere organisatie of was er al een klant. De huidige situatie is anders en vraagt hierom ook om een andere methodiek.

HOOFDSTUK 4: METHODIEK

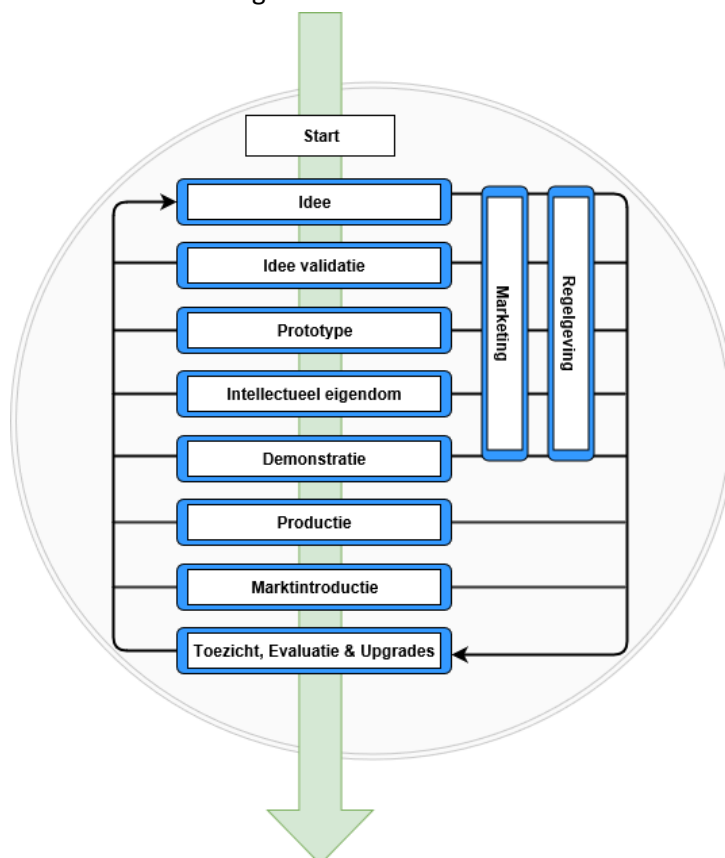
VLIEGTUIGONDERHOUDSTECHNOLOGIE

Dit hoofdstuk presenteert het eindproduct van dit onderzoek, namelijk een methodiek die het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum kan gebruiken bij het realiseren van een innovatief idee voor de vliegtuigonderhoudstechnologie. Hierbij worden ook mogelijke bottlenecks voor het NLR in kaart gebracht en worden oplossingen voor de bottlenecks aangereikt.

4.1 HET MODEL

Hieronder is het model weergegeven dat ten behoeve van het realiseren van een innovatief idee is ontwikkeld. Omdat het product dat het NLR wil gaan ontwikkelen nog niet bekend is, moet het model voor alle mogelijke situaties geschikt zijn.

Voor de samenstelling van dit model is de 'Coloured Diamond' methode van Visscher en Fisscher (2009) gebruikt, zoals benoemd in paragraaf '1.4 Probleemaanpak'. Allereerst zijn de methodieken voor de productontwikkeling van de systems engineering, innovatie management en startup strategieën geanalyseerd. Hierna is aan de hand van de kennis die vergaard is middels de literatuurstudie op het gebied van vliegtuigonderhoud en de MRO-markt een methodiek gemaakt waarbij alle stappen uit de verschillende ontwikkelingsprocessen in terugkomen. Hieruit volgde een initieel model en dit model is uiteindelijk met de verkregen informatie van de interviews met de medewerkers van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum verwerkt tot het model zoals afgebeeld in Figuur 4.1: Methodiek innovatief idee vliegtuigonderhoudstechnologie.1. Appendix B bevat achtergrondinformatie over de geïnterviewde medewerkers.



Figuur 4.1: Methodiek innovatief idee vliegtuigonderhoudstechnologie

4.1.1 UITLEG MODEL

Het model dat gecreëerd is voor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum begint bij een innovatief idee voor de vliegtuigonderhoudstechnologie en beschrijft een iteratief proces.

In het model lopen de marketing en de regelgeving parallel aan het proces vanaf het initiële idee tot aan de demonstraties. Hiervoor is gekozen, omdat uit onderzoek is gebleken dat de juiste marketing vooraf zorgt voor een succesvollere productontwikkeling. Dit komt verder aan bod in de paragrafen 4.3 en 4.4. De regelgeving wordt ook parallel toegevoegd aan het proces, omdat uit interviews met de NLR medewerkers is gebleken dat dit proces in de luchtvaart veel tijd kan kosten. Tevens kan dit voor een efficiënt projectverloop het best parallel toegevoegd worden.

De marketing van het product betreft het vaststellen van de doelgroep(en) en de concurrenten door middel van de Segmentatie-‘Targeting’-Positionering (STP)-aanpak. Hierbij wordt het idee bij de doelgroep gevalideerd en op een tactische wijze gepositioneerd. Hierna wordt het prototype gebouwd en gedemonstreerd aan de doelgroep, waarna er opnieuw feedback ontvangen en verwerkt kan worden.

Dan volgt de regelgeving waarmee het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum te maken kan krijgen. Dit product wordt voor de luchtvaart ontwikkeld en zal hierom te maken kunnen krijgen met verschillende veiligheidsinstanties uit verschillende continenten. De meest gerenommeerde veiligheidsinstanties in de luchtvaart zijn de European Aviation Safety Agency (EASA) voor de Europese markt en de Federal Aviation Administration (FAA) voor de Amerikaanse markt. Hierom zullen de certificeringsprocessen van deze twee instanties beschreven worden, zodat het NLR van te voren weet met wat voor proces het te maken kan krijgen. Dit sluit dus niet uit dat het NLR met andere veiligheidsinstanties uit bijvoorbeeld de militaire luchtvaart of andere landen te maken kan krijgen, maar uit de interviews is gebleken dat de certificeringsprocessen van deze twee instanties de grote lijnen van een dergelijk proces wel schetst.

Het idee wordt dan gevalideerd bij de doelgroep, totdat zeker is dat de doelgroep bereid is het product aan te schaffen. Het doel van dit onderdeel in het ontwikkelingsproces is om feedback te ontvangen van de doelgroep op het idee en dit te verwerken totdat het product voldoet aan de behoeftes van de klant.

Hierna kan de bouw van het prototype plaatsvinden. Dit onderdeel vindt na de validatie van het idee plaats, zodat al vroeg in het proces mogelijk wenselijke aanpassingen aan het licht komen. Dit zou moeten zorgen voor minder kosten en een efficiënter ontwikkelingsproces. Het prototype wordt dan voorgelegd aan de doelgroep, waarna er opnieuw feedback ontvangen kan worden en het prototype opnieuw aangepast kan worden. Dit herhaalt zich totdat de doelgroep aangeeft tevreden te zijn met het prototype. Paragraaf ‘4.6 Prototype’ beschrijft hoe het NLR deze stap moet uitvoeren.

Als de eerste stappen van het proces succesvol doorlopen zijn kan de laatste demonstratie aan de klant plaatsvinden. Dit houdt dus in dat het idee gevalideerd is, de doelgroep tevreden is met het prototype en alle zaken met betrekking tot de regelgeving geregeld is. Om de doelgroep bij de laatste demonstratie zover te krijgen in zee te gaan met het NLR moet de toegevoegde waarde van het product voor de doelgroep op dat moment gepresenteerd worden.

Normaliter is dit ook het eindstadium voor de meeste NLR projecten, omdat het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum geen productieorganisatie is. Toch gaat dit model voor de volledigheid van het innovatieproces door met de productie en marktintroductie, waarna het toezicht, de evaluatie en upgrades volgen.

Hierna vindt de productie plaats door het NLR en kan de innovatie geïntroduceerd worden op de MRO-markt.

Het model eindigt met 'Toezicht, Evaluatie en Upgrades'. Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum kan namelijk afgesproken hebben met de klant dat zij toezicht houden op het eindproduct. Ook is het mogelijk dat het product verder ontwikkeld wordt en hierom is voor de progressie van het ontwikkelingsproces belangrijk om de werking van het product te evalueren, zodat een upgrade gemakkelijker en beter ontwikkeld kan worden. Bij een mogelijke upgrade begint het proces weer bij de ideeënfase, waarna alle stappen opnieuw doorlopen kunnen worden.

Deze methodiek onderscheidt zich ten opzichte van andere methodieken in de literatuur, door heel specifiek een innovatief idee voor de vliegtuigonderhoudstechnologie te behandelen. Er zijn in de literatuur al methodieken voor het ontwikkelen van een product met betrekking tot de vliegtuigonderhoudstechnologie, zoals aangeboden in de systems engineering. Bepaalde fases van het ontwikkelingsproces, zoals de marketing van het product, worden in de methodiek van de systems engineering niet meegenomen, wat wel nodig is bij het ontwikkelen van een innovatief idee. Ook zijn er methodieken te vinden voor het realiseren van innovatieve ideeën, zoals naar voren komt in het vakgebied innovatie management en bij verschillende startup strategieën. Deze methodieken zijn generiek ontworpen en niet specifiek genoeg voor de onderhoudstechnologie. Dit onderzoek brengt de methodieken samen voor het NLR.

4.2 HET IDEE

De methodiek start vanuit een reeds gekozen idee. De generatie en selectie van ideeën komt dus niet aan bod in dit onderzoek. Wel zal de validatie van het idee besproken worden. Voor het innovatieve idee op het gebied van de vliegtuigonderhoudstechnologie heeft het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum al een onderzoek uitgevoerd.

4.2.1 ONDERZOEK NAAR HET INNOVATIEVE IDEE

Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum heeft recent een onderzoek afgerond naar de meest veelbelovende innovaties, dat de downtime van een vliegtuig kunnen verlagen en/of de efficiëntie, effectiviteit en betaalbaarheid van het onderhoud kunnen verhogen.

Er zijn interviews gehouden met medewerkers uit de luchtvaart die te maken zouden kunnen krijgen met de innovatie en er is een literatuurstudie gehouden over vergelijkbare industrieën en problemen waarvoor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum een idee zou kunnen ontwikkelen. Hieruit zijn meerdere innovaties naar voren gekomen die veelbelovend zijn voor de Maintenance, Overhaul en Repair markt.

Hierna zijn de innovaties via een multicriteria-analyse getest op aspecten als de acquisitiekosten, operationele kosten, vermindering van de downtime, kans op falen, vermindering van de onderhoudskosten, terugbetalingsperiode, benodigd aantal personeel en de risico's. Hieruit kwam één innovatie duidelijk naar voren en de uitslag van dat onderzoek is te verkrijgen bij het NLR.

Dit onderzoek naar de beste methodiek is onafhankelijk uitgevoerd van het voorgenoemde onderzoek naar de meest veelbelovende innovaties. Hierdoor kan de gepresenteerde methodiek bij een productontwikkeling met betrekking tot de onderhoudstechnologie te allen tijde gebruikt worden.

4.2.2 AANBEVELINGEN VOOR DE INNOVATIEVE RICHTING

Bij een survey over de MRO-markt, uitgevoerd in 2015, werd er aan betrokkenen en experts van deze markt gevraagd naar de verwachting voor de meest prominente technologie in 2020. De deelnemers konden meerdere antwoorden selecteren. Hierbij kwamen de volgende meest prominente technologieën naar voren:

Health monitoring systemen	66%
Predictief onderhoud	66%
Live onderhoud door middel van draagbare en mobiele technologie	57%
Mogelijkheden in het onderhoud van composiet	35%
Nieuwe technologieën voor reparatie	26%
3D printen	25%
Artificiële intelligentie	6%
Onderhoud met behulp van drones	4%

Tabel 4.1: Meest prominente technologieën MRO-markt

Dit zijn richtingen van de markt die niet opgenomen zijn in het eerder uitgevoerde onderzoek van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum en mogelijk gebruikt kunnen worden bij het selecteren van de juiste innovatie. De ideeëngeneratie en -selectie fase komen verder niet aan bod in dit onderzoek. De genoemde innovaties kunnen voor de lezer een idee geven van het soort innovatie dat het NLR gaat ontwikkelen.

4.3 MARKETING

Het product moet middels, onder andere, goede marketing verkocht worden. Het nut hiervan is om de MRO-markt te laten weten dat het product bestaat en om de juiste klant te vinden die tevens bereid is het product te kopen. Demonstraties kunnen op elk moment plaatsvinden en hebben een tweevoudig doel: ten eerste dient het om de klant te laten weten wat het product aan toegevoegde waarde biedt en ten tweede om de stand van zaken van het project te bespreken.

4.3.1 MARKETING VAN HET PRODUCT

Marketing betreft het identificeren en voldoen aan de vereisten van de menselijke en sociale behoeften. Het gaat niet alleen maar om het verkopen van het product, zoals vaak gedacht wordt. De American Marketing Association, zeer invloedrijk in de marketingwereld (Trott; 2012), beschrijft marketing als:

“De activiteit, set van instellingen en processen voor het creëren, communiceren, het leveren en uitwisselen van aanbod dat waarde heeft voor klanten, partners en de samenleving.”

Marketing van het product kan essentieel blijken. Uit het interview met de heer Eveleens (NLR) bleek dat de marketing van het ‘Embedded Training’ project gebeurde door Dutch Space, maar uiteindelijk zeer belangrijk was voor het succes van het product.

Elke marketing strategie is gebaseerd op de klassieke STP-aanpak. De letters staan voor ‘Segmentation, Targeting en Positioning’. Hierbij wordt de markt gesegmenteerd, een doelgroep bepaald en de manier van positionering gekozen.

Een effectief marktonderzoek kan behulpzaam zijn bij het informeren en overtuigen van mogelijke klanten (Zahra en Ellor; 1993). Ook zorgt marketing voor een snellere marktintroductie, wat weer kan leiden tot een succesvollere productontwikkeling (Schoonhoven et al; 1990).

4.3.1.1. Segmentatie van de markt

Segmenteren van de markt houdt in dat de markt in verschillende stukken verdeeld wordt. Een marktsegment bestaat uit een groep potentiële klanten met dezelfde behoeften en wensen. Het doel is om de markt in het juiste aantal verschillende segmenten te verdelen en dan te kiezen op welk segment of welke segmenten gericht gaat worden.

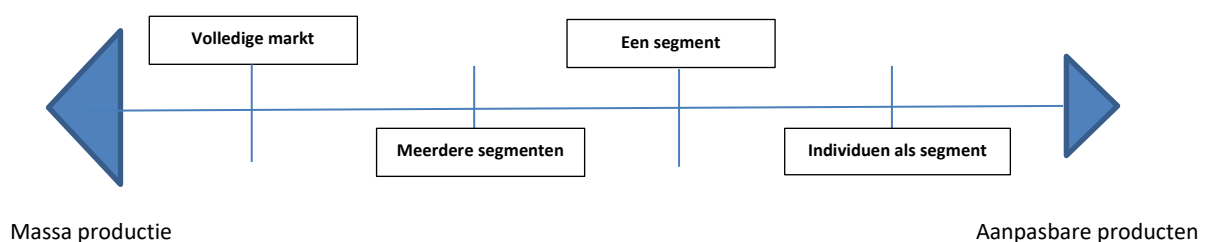
Een product voor de business-to-business markt (B2B) kan in verschillende gebieden opgedeeld worden. Dit kan op basis van demografie, de operationele activiteiten van het bedrijf, de inkoopstrategie van het bedrijf, situationele factoren en/of de eigenschappen van het bedrijf. Zo kan er op demografisch gebied eerst gekeken worden voor welk type industrie dit product ontwikkeld wordt; de civiele of militaire luchtvaart en kan er bij de operationele variabelen bijvoorbeeld gekeken worden naar het soort technologie die het product zal ondersteunen in de functies.

De gemaakte segmenten moeten uiteindelijk aan vijf criteria voldoen om nuttig kunnen zijn; het segment moet meetbaar zijn, groot genoeg zijn om winstgevend te zijn, beschikbaar zijn om bereikt te worden, differentieerbaar zijn en uiteindelijk bruikbaar kunnen reageren op een marketing strategie.

4.3.1.2 *Richten op de juiste doelgroep*

Als de markt gesegmenteerd is, moet het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum kiezen op hoeveel en welke doelgroepen het gaat focussen. Bij het evalueren van de verschillende segmenten moet gelet worden op het einddoel en de beschikbare middelen. Vanuit dat perspectief moet ook gekeken worden hoe goed elk segment scoort op de eerdergenoemde criteria.

Bij het kiezen van de doelgroepen moet er bepaald worden op welke segmenten er gefocust moet worden. Zo kan er voor massaproductie besloten worden om op alle segmenten te focussen. Of juist heel specifiek op een individu als het segment. Focussen op individuen, wat het NLR normaliter doet, gebeurt met aanpasbare, klantspecifieke producten. Voorbeelden van mogelijke klanten zijn dan het leger, General Motors, Rolls Royce en vliegtuigbouwers als Airbus en Boeing. Figuur 4.2 is ter verduidelijking toegevoegd.



Figuur 4.2: Mogelijke doelgroepen STP

4.3.1.3 *Positioneren in de markt*

Het positioneren in de markt betreft het plaatsen van het aanbod en imago van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum in de gedachte van de doelgroep. Het doel is dus om een aparte plek te krijgen in de gedachtes van de klanten en hierdoor de mogelijke winst te maximaliseren.

Voor het positioneren in de markt moeten de gelijkenissen en verschillen van het bedrijf met de concurrentie geïdentificeerd worden. Dit gebeurt in drie stappen. Allereerst moeten de doelgroep en relevante concurrentie geïdentificeerd worden. Hierna worden de gelijkenissen en verschillen met de concurrentie geïdentificeerd. Als laatste zou normaliter het mantra van het bedrijf gecreëerd moeten worden, maar dit is voor het NLR niet nodig, aangezien het al een mantra heeft.

Het positioneren wordt in de marketingwereld veelal gedaan door de marketing mix van McCarthy, ook wel de 4P's genoemd: Product, Prijs, Plaats en Promotie. Door het optimaliseren van de marketingmix kunnen de marketeers de effectiviteit en bedrijfsresultaten verbeteren. Figuur 4.3 bevat de 4P's met voorbeelden van elementen die mogelijk toegevoegd of verbeterd kunnen worden aan het ontwikkelingsproces, voor een betere marketing van het product.



Figuur 4.3: Marketing mix

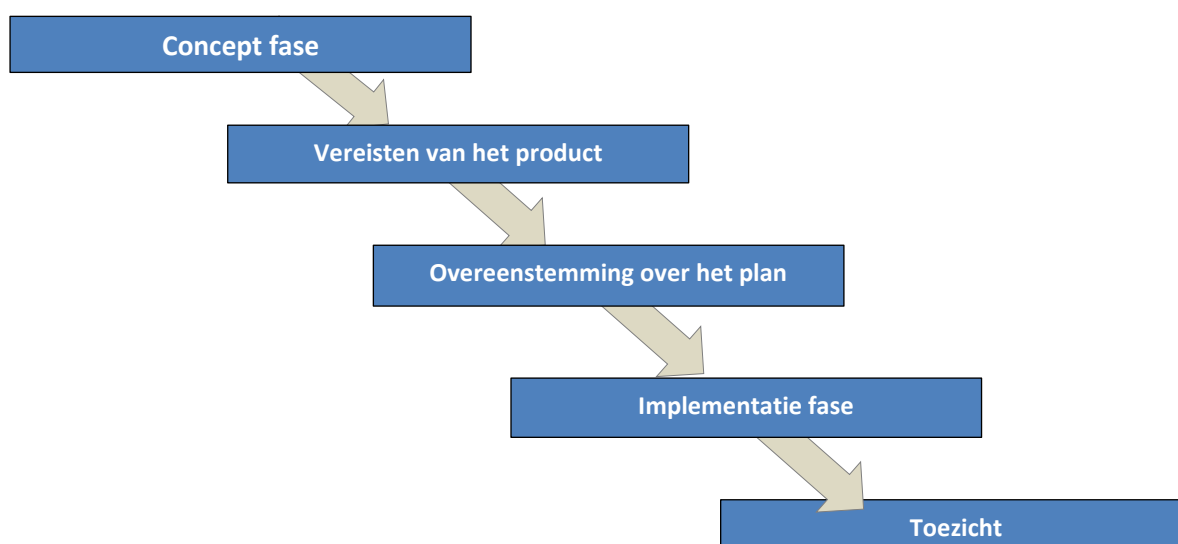
4.4 REGELGEVING

Er kunnen veel veiligheidsregels te pas komen bij het ontwikkelen van een product voor de Maintenance, Repair en Overhaul markt in de luchtvaart. Hierom is het goed al vroeg in het proces aan deze veiligheidsregels te denken, ook omdat dit proces relatief veel tijd kan kosten. Het product wordt mogelijk ontwikkeld voor de Europese of de Amerikaanse luchtvaartbranche. Dit zou betekenen dat het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum in aanraking kan komen met de Federal Aviation Administration (FAA) uit de Verenigde Staten of de European Aviation Safety Agency (EASA). Aangezien de twee veiligheidsinstanties onder de meest gerenommeerde veiligheidsinstanties in de luchtvaart vallen, worden deze certificatieprocessen hieronder beschreven, om een idee te krijgen hoe een dergelijk proces verloopt en hoe lang dit kan duren.

4.4.1 THE FAA PRODUCT CERTIFICATION

De Federal Aviation Administration (FAA) is dé veiligheidsinstantie in de Verenigde Staten met betrekking tot de luchtvaart. Een bedrijf of instantie moet voor het produceren van een vliegtuig of onderdelen van een vliegtuig eerst de juiste licenties krijgen bij de Federal Aviation Administration.

Het licentieproces voor producten bij de FAA gebeurt in vijf stappen, geïllustreerd in Figuur 4.4:



Figuur 4.4: Certificeringsproces FAA

4.4.1.1 Concept fase

De conceptfase begint wanneer de aanvraagprocedure gestart wordt. Het doel is om vanaf het begin gezamenlijk met de FAA betrokken te zijn met het project om de mogelijke kritieke gebieden en de daarbij komende regelgevingen samen aan te pakken.

Om een fase te kunnen afronden moeten herhaaldelijk bepaalde elementen uit het project goedgekeurd worden. In de eerste fase betreft dit een meeting waarin er goedkeuring komt voor het product, een eerste planning, de veiligheidseisen opgesomd worden en een plan van aanpak voor de kritieke gebieden in dit project wordt opgesteld. Het resultaat hiervan wordt opgenomen in het Project Specifieke Certificatie Plan (PSCP).

4.4.1.2 Vereisten van het product

In de tweede fase wordt het product verder gespecificeerd met de mogelijke risico's. Alle wettelijke eisen en kritieke kwesties die relevant zijn voor dit product worden heel specifiek opgesomd en er wordt beschreven hoe deze behandeld gaan worden.

Om de tweede fase te kunnen afronden moet de certificatieaanvraag worden ingeleverd. Hierop moet een notificatie ontvangen worden van de FAA. Hierbij moet het PSCP verder uitgewerkt worden en een TC Certificatie Basis Plan geschreven en goedgekeurd worden.

4.4.1.3 Overeenstemming over het plan

In fase drie wordt het Project Specifieke Certificatie Plan afgerond. Hierin zijn nu de verantwoordelijke partijen met betrekking tot de licentie genoemd en volledig aangegeven hoe het project georganiseerd gaat worden.

Om de derde fase te kunnen afronden moet de PSCP ondertekend worden en moet er overeenstemming zijn over de planning van het project. Daarnaast moet er overeenstemming zijn over het type certificaat, moeten de stakeholders gedefinieerd worden en zowel de conformiteitsprocedure als de methodiek tot projectevaluatie bepaald zijn.

4.4.1.4 Implementatie fase

In deze fase werken de aanvrager en de FAA nauw samen bij het beheer en bereiken van het overeengekomen Project Specifieke Specificatie Plan, zodat alle product specifieke certificatie eisen gehaald kunnen worden.

Ter afronding van de vierde fase moeten mijlpalen uit de PSCP, zoals voltooiing van de analyses en mogelijke testvluchten, gehaald zijn. De testplannen moeten in het geheel voltooid zijn en de inspecties uitgevoerd. In de vierde fase wordt er een goedkeuring van ontwerp en productie verkregen.

4.4.1.5 Toezicht

Tijdens de laatste fase van het certificatieproces vinden er afsluitende activiteiten plaats die zorgen voor de continue luchtwaardigheid van het product. Er wordt beschreven hoe het beheer van het certificaat behandeld gaat worden gedurende de gehele levenscyclus van het product.

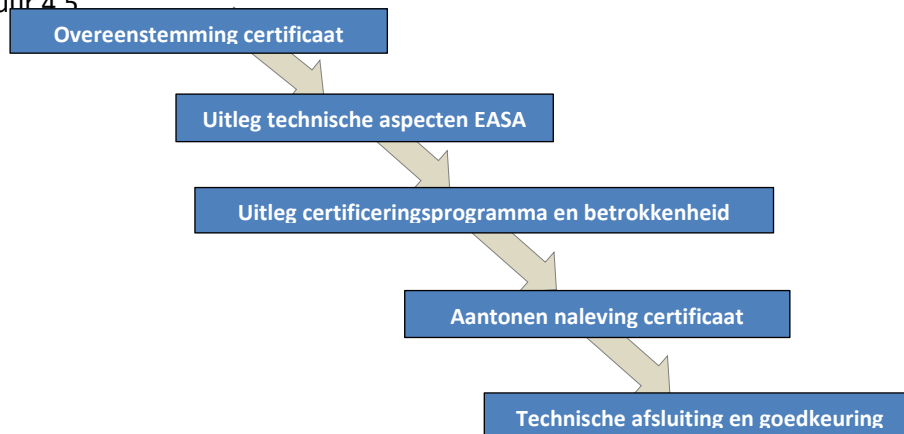
Ter afronding van de certificatie procedure wordt er een samenvattend nalevingscontract getekend, worden er instructies gegeven hoe de continue luchtwaardigheid gehaald gaat worden en wordt er voor de instructies een Continue Luchtwaardigheid Management Plan geschreven.

Het gehele certificatieproces kan volgens de FAA-normen binnen negen maanden afgerond worden. Het certificatieproces kan dus relatief veel tijd kosten in een ontwikkelingsproces en hierom wordt er in de gepresenteerde methodiek al in een vroeg stadium mee begonnen. De regelgeving werd wel parallel aan het proces uitgevoerd bij het Embedded Training project, maar bij de andere twee projecten niet. Uit de interviews bleek dat parallel toevoegen van de regelgeving aan het proces zou moeten leiden tot een efficiënter ontwikkelingstraject.⁵

⁵ https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/design_approvals/media/CPI_guide_II.pdf

4.4.2 THE EASA PRODUCT CERTIFICATION

De European Aviation Safety Agency, ofwel de EASA, is een andere gerenommeerde veiligheidsinstantie in de luchtvaart. Daarom wordt hieronder ook het certificatieproces daarvan beschreven. Het algemene certificatieproces bij de European Aviation Safety Agency (EASA) kan net als bij de FAA verdeeld worden in vijf fases, weergegeven in Figuur 4.51012: Certificeringsproces EASA.



Figuur 4.51012: Certificeringsproces EASA

In de eerste fase wordt er gekeken naar de aanvraag en of het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum in aanmerking kan komen voor het aangevraagde certificaat. Als dit het geval is, krijgt het NLR een team van deskundigen toegewezen die hen zal begeleiden. In de tweede fase worden de technische eisen voor het certificaat besproken. Hierbij presenteert het NLR op welke wijze de technische eisen voor een initiële certificatie gehaald zullen worden. Dit wordt gepresenteerd aan het aangewezen team van deskundigen. Gedurende de derde fase wordt afgesproken hoe het certificeringsprogramma wordt nageleefd en wordt de betrokkenheid van het EASA-certificatieteam vastgesteld. In de vierde fase wordt de naleving van het afgesproken certificeringsprogramma aangetoond aan de EASA, met de bijbehorende milieueisen. De laatste fase heeft als doel om het project af te sluiten en goedkeuring te geven aan het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum voor het aangevraagde certificaat.⁶

4.4.3 ANDERE MOGELIJKE INSTANTIES

Hierboven zijn de twee veiligheidsinstanties beschreven die behoren tot de meest gerenommeerde certificeringinstanties binnen de luchtvaart. Deze zijn gekozen om een duidelijk idee te geven van het certificeringsproces en de duur ervan. Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum kan verder natuurlijk ook te maken krijgen met andere instanties, zoals de Nederlandse Militaire Luchtvaart Autoriteit (MLA), Transport Canada (TC) of bijvoorbeeld de Arbowetgeving van een land. Het beschrijven van de andere certificeringsprocessen van de andere instanties valt buiten het kader van dit onderzoek, maar voor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum kan wel geconcludeerd worden dat het op orde brengen van de regelgeving een belangrijk element is in het ontwikkelingsproces van een innovatief idee en dat dit veel tijd kan kosten.

⁶ http://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/EasyAccess2Part-21_Feb_2016.pdf

4.5 IDEE VALIDATIE

Bij een goed marktonderzoek, maar ook de lean startup strategie en de 'design thinking' strategie, hoort de validatie van het idee. Het valideren van een idee houdt in dat bij de betreffende doelgroep het idee getest wordt, waarna er met de opgehaalde data en feedback van de doelgroep het idee zodanig aangepast wordt dat de doelgroep het product uiteindelijk daadwerkelijk zou aanschaffen. Onderzoek heeft aangetoond dat het gemakkelijker is om mensen te binden aan een idee als ze betrokken worden bij het creëerproces (Onyemah et al.; 2013).

Volgens Thomas Eisenmann, professor aan de Harvard Business School, is de oorzaak dat de meeste startups mislukken dat ze te veel tijd en geld besteden aan het bouwen van het verkeerde product. Dit laat goed het belang van een idee validatie zien. Als voorbeeld van een succesvolle validatieproces geeft hij het proces van het bedrijf Dropbox, dat al in de jonge jaren van het bedrijf haar gebruikers gelijk om directe feedback vroeg. Door de feedback van gebruikers te verwerken, kon het bedrijf stijgen van 100,000 tot 4 miljoen gebruikers in 15 maanden tijd (Nobel; 2011)

Valideren van het idee behoort tot het innovatieproces (Lukas en Brodowsky; 1998). Uit onderzoek blijkt dat nieuwe ideeën niet altijd even goed gevalideerd worden, wat leidt tot een nadelige concurrentiepositie. Hierom is het voor een goede productontwikkeling logisch dat de validatie goed georganiseerd wordt om zo de risico's te minimaliseren (Trott; 2012).

Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum kan voor het valideren van een idee leren van die startups, die vanuit het slechtste scenario een idee succesvol naar de markt brengen. Bij de Lean Startup strategie staat het valideren van het idee voorop in de methodiek. Hierbij kan een idee gevalideerd worden door middel van experimenten. In het boek van Kodak Gallery's Vice Presidents of Products, Mark Cook, wordt de methodiek beschreven. De heer Cook beschrijft dat productmanagers normaliter snel zeggen dat zij een bepaald idee gerealiseerd willen hebben, waarop de engineers dit idee proberen te realiseren. In plaats daarvan vraagt hij zijn team vier vragen over de klanten beantwoord te krijgen. De vragen zijn vertaald naar de situatie van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum en gedefinieerd als volgt:

1. Herkent de klant het probleem dat het innovatieve idee van het NLR probeert op te lossen?
2. Als er een oplossing was, zou de klant dit dan aanschaffen?
3. Is het mogelijk voor de klant om de oplossing bij het NLR aan te schaffen of wordt dit gedwarsboomd door bijvoorbeeld regelingen of deals met andere organisaties?
4. Kunnen wij een oplossing vinden voor het probleem dat geschetst is door het Nederlands Lucht- en Ruimtevaarcentrum?

De heer Cook legt uit dat normaliter teams direct naar de vierde vraag springen, terwijl de eerste drie vragen het ontwikkelingsproces aanzienlijk kunnen verbeteren. De heer Cook beschrijft succes bij het ontwikkelen van een nieuw product als volgt (Ries; 2011):

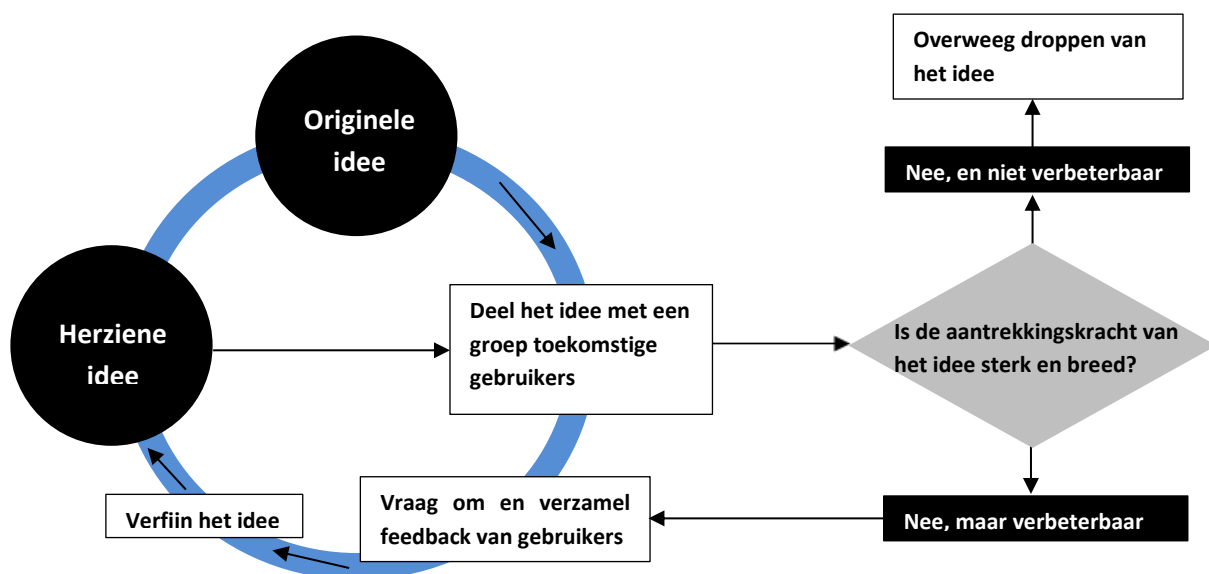
"Succes ligt niet bij het creëren van een extra optie voor de klant; maar wel bij het leren hoe een probleem van de klant opgelost kan worden."

Het testen en valideren van het idee bij de klant gaat in het proces normaliter van '2D' naar '3D'. Zo zou het NLR het idee eerst kunnen pitchen door middel van een presentatie (2D) en wordt dit idee later gerealiseerd tot een prototype (3D). De Kamer van Koophandel raadt bedrijven en organisaties die het ontwikkelingsproces doorlopen de volgende tabel aan te houden bij de test- en valideerfase⁷:

FASE	DOEL	PRESENTATIEVORM
IDEE	Spreekt mijn idee klanten aan?	Pitch, PowerPoint
CONCEPT	Welk concept vindt men het mooist? Welk technisch principe werkt het best?	Animatie, presentatietekening, werkend model (printplaat, houten mechanisme, 3D-print)
PROTOTYPE	Gebruikertest	Prototypes, 3D-geprinte nulseries

Tabel 4.2: Presentatievorm bij verschillende fases

Onyemah et al. (2013) interviewde oprichters van bedrijven over de gehele wereld en vroeg hen hoe de eerste verkopen verliepen en wat ze liever anders gedaan zouden hebben. Hetgeen waar de meeste oprichters spijt van hadden is dat ze te laat waren met feedback ontvangen van toekomstige gebruikers. Oprichters die wel nog naar toekomstige gebruikers luisterden gaven aan dat ze nog beter en nog meer hadden moeten luisteren naar wat de klant precies wilde in plaats van de klant alle voordelen van het product te verkopen. Uit dit onderzoek kwam ook een validatieproces voort, dat het NLR kan gebruiken bij haar innovatieve idee:



Figuur 4.6: Idee validatie proces

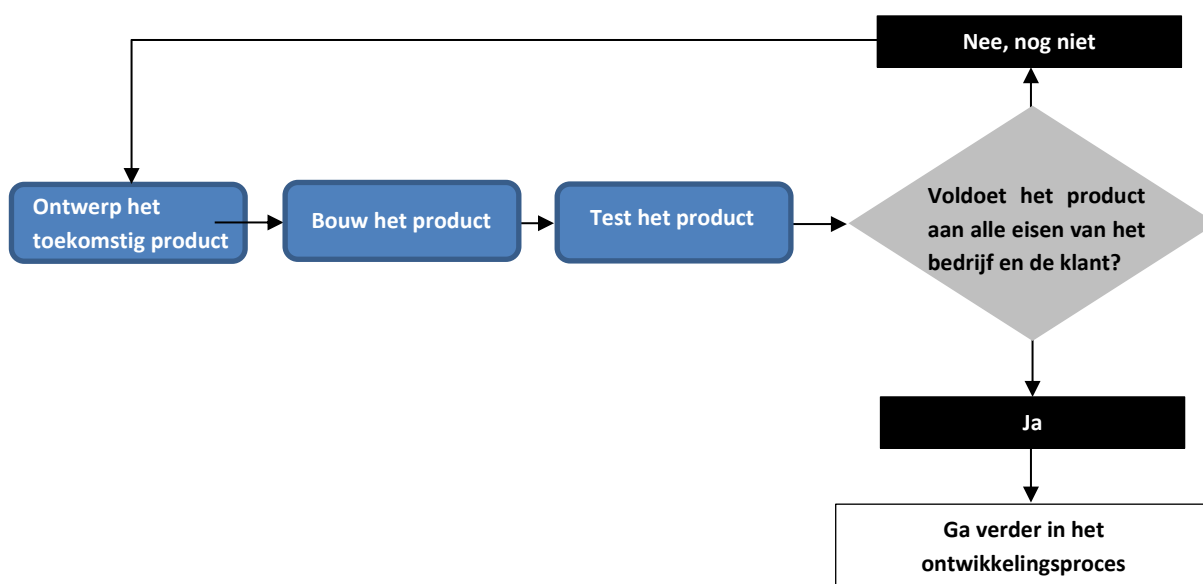
⁷ https://www.kvk.nl/download/Publicatie%20Wegwijzer%20Productontwikkeling_tcm109-410071.pdf

4.6 PROTOTYPE

Het experimenteren met een prototype is een fundamentele stap in het innovatieproces en neemt ook een significant deel van de tijd en het geld in beslag (Thomke ; 1998). Dit is de fase waarin het product daadwerkelijk een vorm krijgt.

Het proces dat komt kijken bij het bouwen van een prototype is een goed referentiepunt waarmee de voortgang van het ontwikkelingsproces goed gemonitord en gevalideerd kan worden, en kan hierom dan ook een goede stap zijn tot het verbeteren van de algehele ontwikkelingsproces (Rothaermel en Deeds; 2004, Wheelwright; 2010).

Het bouwen van een prototype bestaat in de meeste ontwikkelprojecten uit drie stappen: ontwerpen, bouwen en testen van het prototype (Wheelwright; 2010). Het bouwen van een prototype is een iteratief proces. Hiervoor voegen andere onderzoeken nog een vierde stap toe: Thomke (1998) voegde een analyseerstep toe en Veryzer (1998) een modificatiestap. Om het iteratieve proces mee te nemen wordt er voor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum ook een vierde iteratieve stap toegevoegd en dit ziet er als volgt uit:



Figuur 4.7: Prototype bouw proces

Uit het interview met de eigenaar van de succesvolle startup PES-Check bleek dat bij het bouwen van een prototype het zeer belangrijk was om goed te luisteren naar wat de klant wil en hierop telkens het product aan te passen. Ook Kahn (2012) deelt deze mening bij het ontwikkelen van een nieuw product en geeft ook aan dat het belangrijk is om flexibel te zijn in dit proces:

“Het experimenteren met een nieuw product of service vergt gedetailleerde planning zodat er op de juiste wijze met de flexibiliteit en de vele iteraties in het proces omgegaan kan worden”

Als voorbeeld geeft Kahn (2012) het bedrijf Google, dat na drie jaar al dagelijks vele miljoenen bezoekers had, maar nog steeds doorging met het vragen naar en verwerken van feedback. In hun ogen was het zoekplatform nog steeds niet ver genoeg doorontwikkeld.

4.7 INTELLECTUEEL EIGENDOM

Om het innovatieve idee te beschermen of om bijvoorbeeld een blokkade te plaatsen in het ontwikkelingsproces van concurrenten, moet er gedacht worden aan het beschermen van het intellectueel eigendom van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. Het NLR kan een patent aanvragen om het intellectueel eigendom te beschermen, wat bescherming biedt bij technische producten of processen, maar zou ook als alternatief bijvoorbeeld het idee geheim kunnen houden. Deze paragraaf bespreekt het beschermen van het intellectueel eigendom via patenten, de voor- en nadelen hiervan en de alternatieven.

4.7.1 PATENTEN

Patenten kunnen aan individuen en organisaties toegekend worden voor een verbeterd of nieuw product of proces. Het geeft de eigenaar monopolie om de innovatie voor een bepaalde periode te gebruiken en te verkopen.

Er zijn verschillende redenen waarom een bedrijf haar idee zou willen patenteren. De meest genoemde reden is om te voorkomen dat andere bedrijven of organisaties het idee van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum kan kopiëren. Ook kan een patent aangevraagd worden om een tactische blokkade te plaatsen in het proces van concurrerende bedrijven en om rechtszaken te voorkomen. Verder worden redenen genoemd als een betere onderhandelingspositie, status en extra inkomsten. Het meten van de project- of bedrijfsprestaties behoort tot de minst genoemde reden voor het aanvragen van een patent. (Cohen ; 2002)

Voordat het patent daadwerkelijk kan profiteren van de bijbehorende wettelijke bescherming, moet het voldoen aan drie strikte eisen in de Europese Unie en de Verenigde Staten:

1. De uitvinding moet nieuw en innoverend genoeg zijn. Het product mag nergens op de wereld voor indiening van het patent al openbaar bekend zijn.
2. De uitvinding moet op uitvinderswerkzaamheid berust zijn. De uitvinding mag voor een vakman niet voor de hand liggen.
3. De uitvinding moet geschikt zijn voor industriële toepassing en dus gaan over een technisch aantoonbaar functionerend product of productieproces.⁸

Patenten kunnen in Europa en de Verenigde Staten, wat primaire markten zijn voor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum, tot 20 jaar geldig zijn. Om het patent in stand te houden moet het NLR wel jaarlijks vergoedingen betalen, die hoge kosten met zich mee kunnen brengen.

Aangezien de innovatie voor de vliegtuigonderhoudstechnologie mogelijk voor Europa of de Verenigde Staten wordt gemaakt, wordt er nog iets dieper gekeken naar de twee patentsystemen. De patentsystemen van Europa en de Verenigde Staten lijken erg veel op elkaar, maar hebben één belangrijk verschil. In de Verenigde Staten gaat een patent namelijk naar degene die kan aantonen dat die het product als eerst heeft uitgevonden, terwijl in Europa het patent naar degene gaat die het als eerst aangevraagd heeft. Verder moet er rekening gehouden worden dat in Europa een patent ongeldig verklaard wordt als de uitvinder openbaar informatie heeft gepubliceerd voordat hij een

⁸<http://www.rvo.nl/onderwerpen/innovatief-ondernemen/octrooien-ofwel-patenten/octrooien-aanvragen/de-wereld/eisen>

patent heeft aangevraagd. In de Verenigde Staten zijn er situaties dat het patent niet gelijk ongeldig wordt verklaard. Een ander verschil tussen de twee patentsystemen is dat in Europa de patentaanvragen openbaar worden gemaakt als het patent in afwachting is van goedkeuring, terwijl in de Verenigde Staten de aanvragen geheim blijven tot de daadwerkelijke goedkeuring.

4.7.2 ALTERNATIEVEN

Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum moet zich goed afvragen of het tactisch is om te gaan patenteren. Patenten brengen namelijk hoge kosten met zich mee en zijn niet altijd even tactisch om aan te vragen, aangezien hiermee een bedrijf haar activiteiten openbaar maakt. Concurrenten kunnen dan zien waar het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum zich mee bezighoudt en hier hun voordeel ermee doen. Uit het interview met de heer Thuis bleek dat hij hierom geen voorstander is van het aanvragen van patenten. Ook blijkt uit onderzoek van Takalo en Kanninen (2008) dat patenten het technische ontwikkelingsproces kunnen vertragen.

Er zijn verschillende alternatieven voor patenten. Als eerst zou het NLR simpelweg de werkwijze geheim kunnen houden, zoals Coca-Cola ook gedaan heeft met het recept. Dit is voordeliger dan het patenteren van het proces of product, relatief makkelijk uit te voeren en hierbij is geen rechtsbescherming nodig. Een ander alternatief voor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum is om te proberen het product eerder op de markt te introduceren dan concurrenten, wat kan zorgen voor een groter marktaandeel en meer winst. Verder liggen andere mogelijkheden bij het toevoegen van aftersales services in het aanbod. De introductie van een goedkoper en beter product kan met name in de business-to-business markt ervoor zorgen dat de eerdere loyaliteit aan een ander bedrijf snel verdwijnt. Als laatste zou het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum het product of proces heel complex kunnen maken, wat imitatie van de innovatie lastig maakt (Trott; 2012).

4.8 DEMONSTRATIE

Als de doelgroep geïdentificeerd is, kan het product gepresenteerd en gedemonstreerd worden. Aangezien het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum geen productiebedrijf is, is het tonen van een demonstratie en verkopen van het demonstratiemodel vaak het eindpunt van het ontwikkelingsproces. In deze fase van het ontwikkelingsproces verkoopt het NLR vaak een licentie, patent of product aan een civiele of militaire luchtvaartorganisatie. In deze paragraaf worden de verschillende demonstratiemodellen vergeleken en wordt besproken waaraan gedacht moet worden bij het geven van een demonstratie.

4.8.1 DEMONSTRATIEMODELLEN

Patenten, licenties en technologieoverdrachtsovereenkomsten zorgen voor een efficiëntere markt (Trott; 2012). Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum is een kennisorganisatie dat niet snel zelf de markt opgaat, maar wel het brein achter verschillende innovaties in de luchtvaart.

Voordat de innovaties geïntroduceerd worden, presenteert het NLR eerst een demonstratiemodel aan de betreffende luchtvaartorganisatie. Dit gebeurt door middel van een presentatie of een demonstratie. In tabel 4.3 hieronder worden de verschillende demonstratiemodellen vergeleken.

DEMONSTRATIE MODEL	VOORDELEN	NADELEN
LICENTIE	1. Snelle toegang tot verschillende technologieën. 2. Relatief lagere ontwikkelingskosten. 3. Mogelijk maximale winst bij verkoop aan verschillende marktsegmenten.	1. Verwaarlozing interne technologie ontwikkeling. 2. Succes van het product en reputatie NLR ligt mogelijk bij de klant. 3. Beschermen van de licentie kan veel geld en tijd kosten. 4. Idee kan gekaapt worden.
PATENT	1. Idee kan niet gekaapt worden. 2. Relatief gemakkelijke en zorgeloze overdracht. 3. Relatief weinig ondernemersvaardigheden nodig.	1. Activiteiten NLR publiekelijk openbaar. 2. Hoge patentkosten. 3. Mogelijk een langere ontwikkelingsproces. 4. Relatief lastig om kopers te vinden voor patenten.
ALLEEN EEN PRODUCT	1. Geen licentie- en patentkosten. 2. Geen tijd kwijt aan een het licentie- en patenttraject.	1. Idee kan gekaapt worden. 2. Verkoop mogelijk lastiger zonder alle papieren.

Tabel 4.3: Voor- en nadelen demonstratiemodellen

4.8.1.1 *Licentie*

Een licentie verlenen of verkopen is een veelvoorkomende methode om technologieën over te dragen. Het geeft de klant het alleenrecht van gebruik op een markt binnen een bepaald marktsegment.

Voordelen van het licentieproces zijn de snellere toegang tot de verschillende technologieën tussen bedrijven en de relatief lagere ontwikkelingskosten. Ook zou het NLR nu alleen een bedrijf de licentie tot gebruik kunnen verkopen in een bepaald marktsegment en ook nog op andere marktsegmenten kunnen verkopen aan andere organisaties. Dit zou kunnen zorgen voor het behalen van de maximaal mogelijke winst.

Het eerste nadeel voor de verkoop van een licentie, is dat uit onderzoek is gebleken dat de verkoop van een licentie kan zorgen voor verwaarlozing van de interne technologische ontwikkelingen binnen een bedrijf. Verder ligt het succes van het product bij het verlenen van een licentie nu ook bij de licentieaanvrager en bij een slechte uitwerking van de klant, doet dit de reputatie van het NLR niet ten goede. Het beschermen van de licentie kan ook veel geld kosten, als dit aangevraagd en mogelijk beschermd moet worden. Als laatst is het gevaar bij het verlenen of verkopen van een licentie dat het idee gekaapt kan worden door het bedrijf waar het aan gepresenteerd wordt, als dit niet gepatenteerd is (Trott; 2012).

Het weggapen van het idee overkwam ook Robert Kearn, een onafhankelijke uitvinder. Hij sprak de senior engineers bij het bedrijf Ford Motor aan met het voorstel om zijn idee via een licentie te verkopen. Hierbij presenteerde hij de werking en de mogelijkheden van het product. Na onderhandelingen wees Ford Motors een licentie bij de heer Kearn af, maar introduceerde het bedrijf later wel een vergelijkbaar product op de markt. Pas na 20 jaar kon de heer Kearn zijn recht door middel van een patent terugwinnen en een deel van de winst terugboeken. Dit is een goed voorbeeld van een nadeel van een licentie. Vooral in kapitaalintensieve industrieën, waar de luchtvaart ook onder valt, staan bedrijven bekend om geopenbaarde ideeën te onteigenen van de uitvinder (Gans en Stern; 2002).

4.8.1.1 *Patent*

Een patent verkopen heeft, zoals in de vorige paragraaf benoemd, meerdere nadelen. Een patent maakt de activiteiten van een organisatie publiekelijk openbaar, brengt hoge kosten met zich mee en kan het ontwikkelingsproces vertragen. Ook is gebleken dat bij de verkoop van een patent van een nieuw, op zichzelf staand product, het lastig is om kopers te vinden.

Wel zorgt een patent ervoor dat het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum monopolie heeft op de aangevraagde technologie of proces en blokkeert het dus concurrenten om ermee aan de slag te gaan. Een patent zorgt er dus voor dat het NLR zorgeloos een meeting in kan gaan, zonder dat het idee gekaapt kan worden. Dit maakt de mogelijke overdracht gemakkelijker. Ook vraagt de verkoop van een patent relatief weinig ondernemersvaardigheden.

4.8.1.1 *Product*

Als laatste kan er ook alleen een werkend product verkocht worden. Dit heeft als grote voordeel dat er geen licentie en patentkosten zijn. Het licentie- en patentproces van een product zou het NLR ook veel tijd kunnen kosten.

Het nadeel daarentegen, net als bij het verkopen van alleen een licentie, is dat het idee sneller gekaapt kan worden zonder patent. Ook zou de verkoop lastiger worden zonder een licentie of patent, aangezien het bezit van alle nodige documenten de onderhandelingspositie doet verbeteren en dit dan niet het geval is.

4.8.2 DE DEMONSTRATIE

De heer Schneider gaf als tip aan het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum om bij presentaties of demonstraties goed duidelijk te maken aan de luisteraar wat de toegevoegde waarde van het product is. Hij woonde een presentatie bij van een nieuw product dat door het NLR ontwikkeld was en hier was er volgens hem te weinig gefocust op de toegevoegde waarde van het product. Volgens de heer Schneider is het belangrijk dat een demonstratie iets moet bieden dat het product differentieert van de concurrenten in de markt. Ook uit onderzoek van Gans en Stern (2002) blijkt dat de waarde van een innovatie uiteindelijk ligt bij de toegevoegde waarde voor de klant in plaats van het aanbod van de technologie op zichzelf.

Het is dus tijdens de daadwerkelijke presentatie en demonstratie belangrijk om te weten op welke manier het product aan de klant verkocht gaat worden. Hier komt het marketingproces weer aan bod. Een methode die het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum kan gebruiken om de toegevoegde waarde van het innovatieve idee te bepalen, is bij het businessmodel canvas van Osterwalder et al. (2010) te vinden.

De toegevoegde waarde van het product is volgens Osterwalder et al. (2010) dé reden dat klanten kiezen voor een bedrijf. Het lost namelijk een probleem van de klant op of voldoet aan een behoefte van de klant.

De waarde van het product kan op verschillende gebieden onderscheidend zijn en dus interessant genoeg voor de klant om aan te schaffen. Zo kan het product toegevoegde waarde bieden op de volgende elementen: nieuwigheid, prestatie, aanpasbaarheid, simpelweg wel de klus kunnen klaren, design, status, prijs, kostenbesparing, risicobeperking, toegankelijkheid en gebruiksvriendelijkheid. Dit zijn de elementen die benoemd worden in het onderzoek, maar er wordt aangegeven dat de mogelijkheden van toegevoegde waarde ongelimiteerd is.

Voordat het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum de volgende demonstratie en presentatie zal geven, moet het dus goed weten op welk gebied het toegevoegde waarde kan leveren aan de klant. Hiervoor moet het ontwikkelingsteam de volgende vragen beantwoorden:

1. Welke waarde leveren wij aan onze klanten?
2. Welk probleem van de klant lossen wij op?
3. Welk(e) product(en) en service(s) leveren wij aan elke afzonderlijke klant?
4. Welke behoeften van de klant voldoen wij met ons product?

De toegevoegde waarde van het product kan bepaald worden door de bovenstaande vragen te beantwoorden aan de hand van de eerder genoemde elementen.

4.9 PRODUCTIE

Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum is geen productiebedrijf en komt normaliter niet tot deze stap in het ontwikkelingsproces. Wel is het mogelijk dat de kennisorganisatie in de toekomst ambieert deze stap uit te voeren. Voor nu bestaat deze stap vaak uit de klant helpen met het gereed maken van het product, zoals gebeurde bij het F-35 meetsystemen project voor de Nederlandse luchtmacht.

Het zelf ontwikkelen van het product heeft als voordeel dat het mogelijke succes of falen van het product dan in eigen hand ligt. Hiermee houdt de kennisorganisatie de gehele controle over de uitvinding en kan het bepaalde zaken als de reputatie en kwaliteit van het product zelf bepalen. Succes van het product kan ook voor meer overtuigingskracht en een betere onderhandelingspositie zorgen bij aandeelhouders en toekomstige klanten van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. Het nadeel van het zelf ontwikkelen van het product is dat dit een fikse investering met zich meebrengt. Dit brengt namelijk mogelijk extra productiefaciliteiten, octrooiaanvragen en marketing met zich mee. Tabel 4.4 is ter verduidelijking toegevoegd.⁹

	VOORDELEN	NADELEN
ZELF PRODUCEREN	1. Mogelijk succes of falen van het product ligt in eigen hand. 2. Door de gehele controle over de uitvinding te hebben, kan het NLR zaken als de reputatie en de kwaliteit van het product zelf bepalen. 3. Succes van het product kan voor meer overtuigingskracht en een betere onderhandelingspositie zorgen bij aandeelhouders en toekomstige klanten.	1. Een reorganisatie van het NRL is nodig om dit te faciliteren. 2. Een fikse investering is nodig voor de reorganisatie, zoals mogelijk extra productiefaciliteiten, octrooiaanvragen en marketing.

Tabel 4.4: Voor- en nadelen eigen productie

Uit de interviews met de medewerkers van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum bleek dat het nog niet helemaal rijp was voor een eigen productielijn. Hierom is er onderzocht wat het zou moeten verbeteren of anders zou moeten doen om de volgende stap in het ontwikkelingsproces wel te kunnen maken.

De heer Van Rijn gaf allereerst aan dat de visie van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum ook helemaal niet ligt bij het creëren van een productielijn, maar juist bij projecten voor individuele klanten. Zou het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum wel zelf willen gaan produceren, dan moet het NLR vooral letten op de perfectionistische standaarden van de medewerkers. Dit zou bij het zelf creëren van producten middels een productielijn zorgen voor hoge kosten.

⁹ <http://www.rvo.nl/onderwerpen/innovatief-ondernemen/octrooien-ofwel-patenten/waaraan-denken-bij-het-uitvinden/ideefase/geld-verdienen-met-uw-idee>

De heer Poppinga, die een spin-off van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum probeerde te creëren, deelt de mening dat medewerkers en de visie van het centrum momenteel anders ligt dan dat van organisaties die wel zelf hun producten produceren. Een mogelijke productielijn zou volgens de heer Poppinga gepaard moeten gaan met een gehele reorganisatie van het bedrijf. Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum zou dan minder moeten uitgaan van het formele traject, zoals de organisatie momenteel doet en meer snelheid moeten proberen te creëren in het proces. De directie van het NLR zou dan ook kosten moeten durven maken en minder uitgaan van alleen de baten van het project. Alleen dan zou een dergelijk stap in het ontwikkelingsproces kunnen plaatsvinden.

De heer Eveleens geeft het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum als tip mee om anders om te gaan met een innovatief idee bij het zelf produceren van een product. De kennisorganisatie zou minder moeten letten op de business case en wat het project op zou moeten leveren dan het nu doet, en meer moeten focussen op de 'out of the box' gedachte van het ontwikkelingsteam.

De heer Schneider gaf als tip mee om bij het zelf produceren van een product, ook andere producten in gedachte te houden voor productie. Zo kan bij het mogelijk mislukken van een product er geleerd worden van de fouten in dat project, zodat dit bij de andere producten wel goed kan gaan.

Wil het NLR dus in de toekomst een eigen productielijn bezitten, dan moet de kennisorganisatie de genoemde voor- en nadelen tegen elkaar opwegen en de tips van de medewerkers van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum meenemen in het beslissingsproces.

4.10 MARKTINTRODUCTIE

De timing van de marktintroductie bij een nieuw product speelt een belangrijke rol en kan bepalend zijn voor het uiteindelijke succes. Hierom moeten bedrijven het moment van de commercialisering van het product al bepalen bij het ontwerpen van het product. Het komt vaak voor dat producten ontwikkeld zijn, maar dan moeten wachten op bijvoorbeeld organisatorische regelingen voordat de commercialisering kan plaatsvinden. Het is dus belangrijk dat de marktintroductie al vooraf gepland wordt en niet de planning in de weg zit (Trott; 2012).

De marktintroductie kan versneld plaatsvinden als er goed gecommuniceerd wordt binnen het ontwikkelingsteam. Multifunctionele teams kunnen nuttig zijn bij een succesvolle commercialisering. Ook worden in multifunctionele teams conflicten sneller opgelost, verwijderen zij effectiever de bottlenecks in een project en staan ze garant voor een goede timing van de marktintroductie (Zahra en Eller; 1993).

Een bedrijf hoeft het product niet helemaal perfect doorontwikkeld te hebben, voordat de marktintroductie kan plaatsvinden. Er bestaat een positieve relatie tussen een korte ontwikkelingstijd van een product, dat dus ook wel de tijd tot aan de marktintroductie genoemd wordt en het succes van het nieuwe product (Afonso et al.; 2008). Hierom zou het ook dus tactischer zijn om sneller naar de markt te gaan met het nieuwe product van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. Analisten claimen dat het beter is om de markt al op te gaan met een product dat nog maar 90% is ontwikkeld, dan het product perfect door te ontwikkelen tot de 100%. Dit zal voor het gehele project tot meer succes leiden (Buxton; 2000). Verder gaf de eigenaar van de startup PES-Check in een interview als tip om niet te wachten totdat het product helemaal perfect is, maar zelfs al bij 80% de marktintroductie te laten plaatsvinden. Ook bleek uit het interview met de heer Schneider dat de timing van de marktintroductie in de luchtvaart lastig te voorspellen is. Technologie veroudert snel en hierom gaf hij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum de tip om relatief snel te handelen.

Het sneller introduceren van een product wordt in de literatuur geassocieerd met een betere concurrentiepositie en meer winst (Karagozoglu en Brown; 1993). Een eerdere marktintroductie zou moeten leiden tot meer winst, omdat hiermee de levenscyclus van een product beter verlengd kan worden, hiermee de mogelijkheid tot het vragen van premium prijzen ontstaat en lagere ontwikkelings- en fabricagekosten gerealiseerd kunnen worden (Englund; 1990, Reinertsen en Smith; 1991). Ook uit het onderzoek van Gupta en Wilemon (1990) blijkt dat een korter ontwikkelingsproces en dus een snellere marktintroductie een bedrijf goed zal doen, omdat de hoeveelheid concurrentie continu toeneemt en hier beter mee omgegaan kan worden als het bedrijf al eerder een marktpositie heeft ingenomen. Verder blijkt uit dat onderzoek dat snelle technologische veranderingen en veranderende eisen van de markt de toegevoegde waarde van het product kunnen doen afnemen.

Er kan geconcludeerd worden dat de marktintroductie een belangrijke fase is in het ontwikkelingsproces en dat een kortere doorlooptijd van het ontwikkelingsproces door een snellere marktintroductie voor zowel het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum als de klant tot meer succes kan leiden. De boodschap aan het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum is dat de organisatie bij de marktintroductie flexibel moet zijn met de mogelijkheden. Als de organisatie tijdens het ontwikkelingsproces erachter komt dat het product eerder op de markt geïntroduceerd kan worden dan gepland, moet de organisatie hier dus flexibel mee omgaan.

4.11 TOEZICHT, EVALUATIE & UPGRADES

Uiteindelijk is het de bedoeling dat het innovatieve idee van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum gerealiseerd en geïntroduceerd wordt op de markt, maar het NLR kan ook aanbieden om toezicht op het product te houden. Het aanbieden van deze extra service zou de verkoop van het product gemakkelijker kunnen maken (Trott, 2012). Bij projecten voor het trainingssimulatieprogramma voor het embedded trainen en de F-35 meetsystemen kwam naar voren dat dit een belangrijke stap kan zijn in het ontwikkelingsproces.

Het maakt dan uit of het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum een nieuw product of nieuwe service ontwikkeld heeft. Bij het ontwikkelen van een product is na de marktintroductie het harde werken meestal voorbij, wat niet het geval is bij het ontwikkelen van een service. Een service moet namelijk continu gemonitord en geëvalueerd worden, zodat continu de behoeften van de klant aangepakt worden op de meest efficiënte en effectieve manier. Er is namelijk altijd veel ruimte voor verbetering bij het leveren van een service en hierom is feedback van de gebruikers essentieel voor de doorontwikkeling (Kahn; 2012).

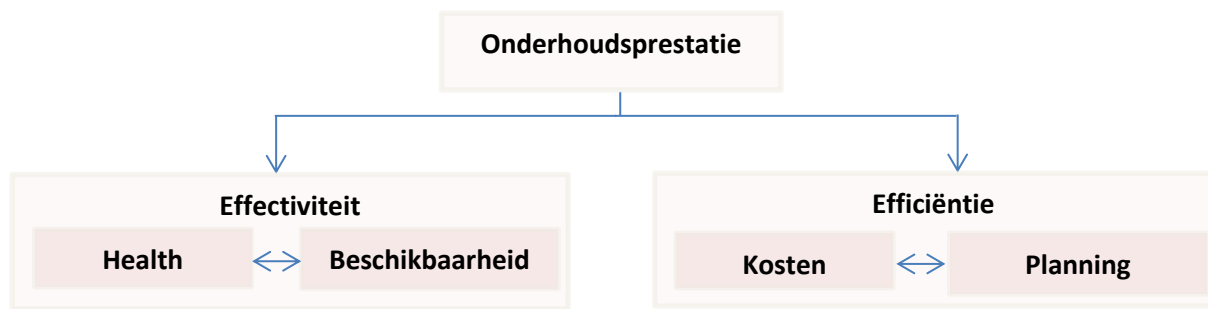
Het ontwikkelingsproces kan tijdens en na het project op verschillende momenten geëvalueerd worden. Het ontwikkelingsproces tijdens het project evalueren gebeurt normaliter middels een benchmark van eerdere projecten of projecten van concurrenten (Karagozoglu en Brown; 1993). Het benchmarken van een project zorgt door het stellen van projectdoelen en voortgangspcedures voor een korter ontwikkelingsproces (Cooper; 1990). Het plaatsen van voortgangspcedures op belangrijke momenten in het ontwikkelingsproces is belangrijk voor de projectmanagers, aangezien zij hiermee de eisen van een efficiënt gebruik van de tijd en een effectief project makkelijker kunnen behalen.

Het evalueren van een project heeft als voordelen dat technologische problemen in volgende ontwikkelingsprojecten beter behandeld kunnen worden en vermindert de kans op vertragingen (Karagozoglu en Brown; 1993). Ook vergroot een evaluatie de kans op effectievere ontwikkelingsprocessen (Sarin en McDermott; 2003).

Uiteindelijk kan de prestatie van het systeemonderhoud gekwantificeerd worden en vergeleken worden met de geleverde prestatie en de middelen die nodig waren om dit te bereiken. Neem als voorbeeld de motoren van een vliegtuig, waarvan de prestatie berekend kan worden door de beschikbaarheid van het systeem te vergelijken met de totale operationele en financiële kosten in een willekeurig tijdssegment. De twee variabelen die hier van invloed zijn, zijn efficiëntie en effectiviteit:

$$\text{Onderhoudsprestatie} = \text{Effectiviteit} \times \text{Efficiëntie}$$

Hierbij kan de efficiëntie berekend worden met de onderhoudskosten, waarbij gedacht moet worden aan variabelen als de benodigde hoeveelheid arbeid, reserveonderdelen en materialen. De effectiviteit kan berekend worden met variabelen als de levensduur en de uitvaltijd. Een andere, betere variabele om de effectiviteit van een systeem te meten, is de 'system health', die de status van het systeem kwantificeert.



Figuur 4.8: De onderhoudsprestatie

Met Figuur 4.8 en een parameter P kan de formule van de onderhoudsprestatie verder gespecificeerd worden tot:

$$\text{Onderhoudsprestatie} = P_{\text{Health}} \times P_{\text{Beschikbaarheid}} \times P_{\text{Kosten}} \times P_{\text{Planning}}$$

Hierbij zijn niet alle parameters even belangrijk bij elk onderhoudssysteem. Zo is het in de luchtvaart belangrijker om effectief te zijn dan efficiënt. De parameters kunnen ook op specifieke momenten belangrijk zijn. Zo moet gedurende een rustperiode van het leger het systeem efficiënt werken, maar is het tijdens een missie zeer belangrijk om een hoge effectiviteit te hebben (Tinga; 2013).

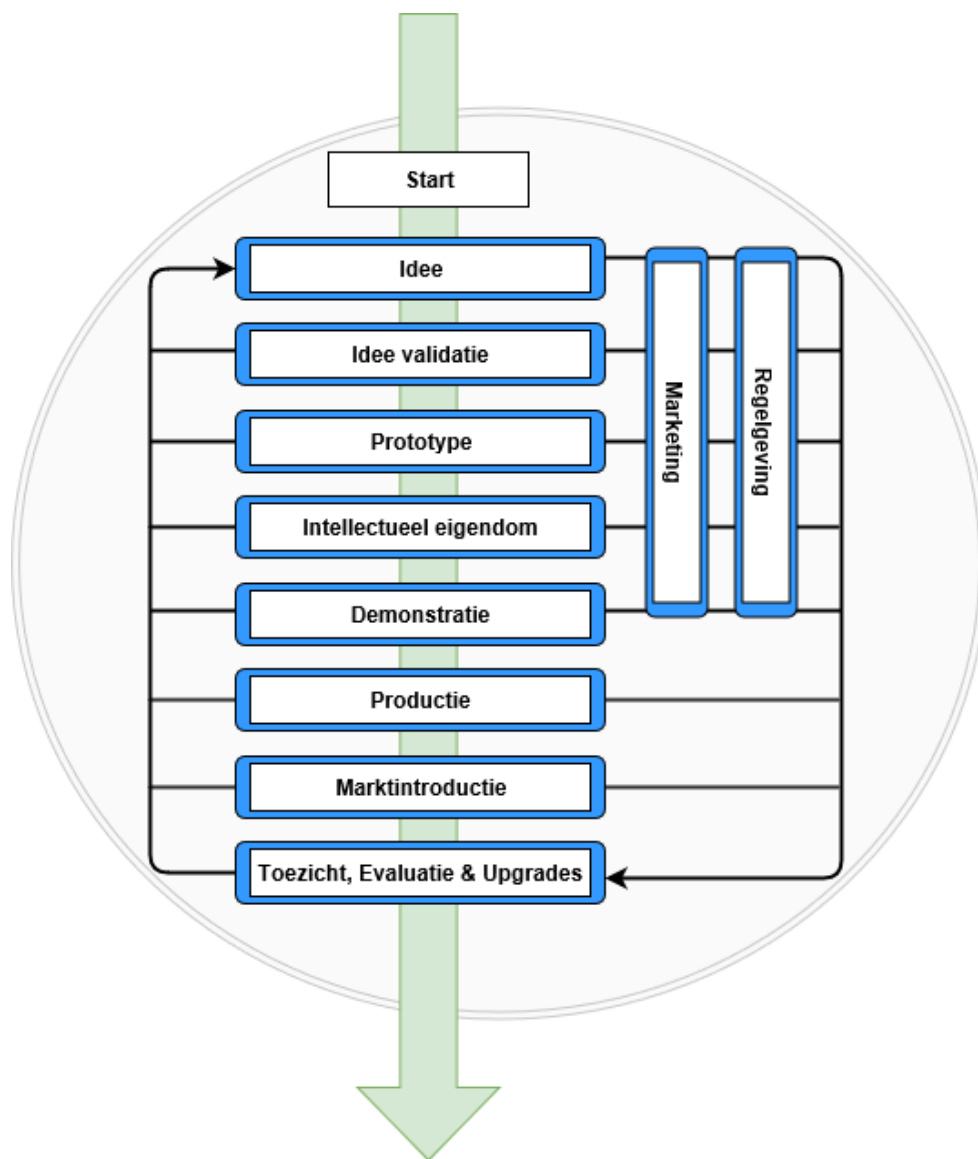
Als laatst zou het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum ervoor kunnen kiezen een upgrade van het product of toevoegingen voor het product te ontwikkelen. Het nieuwe ontwikkelingsproces zou dan efficiënter kunnen verlopen als op het huidige ontwikkelingsproces toezicht gehouden is en het projectverloop tijdens en of na het project geëvalueerd is.

HOOFDSTUK 5: CONCLUSIE

In de literatuur zijn er methodieken te vinden voor het realiseren van ideeën met betrekking tot de onderhoudstechnologie. Ook zijn er methodieken te vinden voor de realisatie van innovatieve ideeën. Dit onderzoek brengt de verschillende methodieken voor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum samen tot één methodiek voor innovatieve ideeën met betrekking tot de vliegtuigonderhoudstechnologie. De onderzoeksvraag luidde:

- *Hoe kan het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum het best innovatieve ideeën met betrekking tot de vliegtuigonderhoudstechnologie realiseren?*

Figuur 5 illustreert de methodiek die ontwikkeld is als antwoord op de onderzoeksvraag. Een korte uitleg van de methodiek volgt verderop in de conclusie.



Figuur 5: Methodiek innovatief idee onderhoudstechnologie

De methodiek begint met een reeds gekozen innovatief idee. Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum moet zich, parallel aan het ontwikkelingsproces, focussen op de marketing van het product en de regelgeving waarmee het te maken kan krijgen. Dit zorgt voor een efficiënter ontwikkelingsproces, aangezien beide stappen veel tijd in beslag kunnen nemen.

Hierop volgt de validatie van het idee. In deze fase van het ontwikkelingsproces wordt het idee gevalideerd bij de gekozen doelgroep(en). Als deze fase succesvol afgerond is en de doelgroep aangeeft het product aan te willen schaffen kan er een prototype gebouwd worden. Deze stap in het ontwikkelingsproces kan worden afgesloten als het product aan de eisen en behoeftes van zowel het NLR als de klant voldoet.

Hierna volgt, indien van toepassing, het beschermen van het intellectueel eigendom. Dit wordt veelal gedaan middels een octrooi, maar er zijn ook alternatieven zoals geheimhouding.

Uiteindelijk vindt er een demonstratie plaats, waarbij vaak een licentie, patent of alleen het product aangeboden en verkocht wordt. Bij de demonstratie is het belangrijk de toegevoegde waarde van het product reeds in kaart gebracht te hebben en op dat moment te presenteren aan de klant.

De demonstratie en verkoop van het demonstratiemodel is meestal de eindfase van het ontwikkelingsproces, omdat het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum geen productiebedrijf is. Mocht het centrum in de toekomst wel het product geheel zelf willen produceren, dan moet het, alvorens dat besluit te nemen, de voor- en nadelen goed afwegen en zal er mogelijk een reorganisatie plaats moeten vinden.

Voor de uiteindelijke marktintroductie kan een kortere doorlooptijd van het ontwikkelingsproces door een snellere marktintroductie voor zowel het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum als de klant voordelig zijn.

Bij sommige producten of services kan ervoor gekozen worden om na de verkoop van het product toezicht te houden. Dit kan een extra service zijn die het NLR bij het aanbod kan toevoegen die zal zorgen voor een gemakkelijker verkoop.

Ook kan het bedrijf ervoor kiezen om het project gedurende en na de loop te evalueren. Evaluaties door middel van benchmarks kunnen tijdens het project zorgen voor een korter ontwikkelingsproces. Bij volgende projecten zorgt de evaluatie voor een betere omgang met de technologische problemen en vertragingen in het ontwikkelingsproces. Uiteindelijk zorgt dit dus voor een efficiënter ontwikkelingsproces.

Tenslotte is het natuurlijk mogelijk dat het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum een upgrade van het product wil ontwikkelen. Als dat het geval is, is het mogelijk om bij de evaluatie verbeterpunten te vinden die uitkomst kunnen bieden voor verbetering in het toekomstige product en project.

HOOFDSTUK 6: AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk worden de aanbevelingen voor het vervolg van het ontwikkelingsproces en het gebruik van de methodiek benoemd.

6.1 VERVOLG ONTWIKKELINGSPROCES

De ideeëngeneratie en selectiefases zijn twee belangrijke fases in het ontwikkelingsproces die buiten het kader van dit onderzoek vallen. Voor het creëren van de methodiek kwam het onderzoek wel in aanraking met de twee fases en daarom kunnen hier wel over de twee fases aanbevelingen gedaan worden.

Allereerst moet het belang van de twee variabelen voor een optimaal werkend onderhoudssysteem, de beschikbaarheid en de kosten nogmaals benoemd worden. Het optimum van de twee variabelen zijn nodig voor een optimaal werkend systeem en hier kan dus nog extra naar gekeken worden bij het genereren en selecteren van het innovatieve idee. Het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum kan bijvoorbeeld waarde bieden op de MRO-markt door te zorgen voor hogere beschikbaarheid van het systeem of te zorgen voor minder kosten.

Daarnaast kunnen de trends van de MRO-markt ook meegenomen worden bij de ideeëngeneratie en selectiefases. Hiermee kunnen kansen op de markt beter benut worden, wat de succeskans van het product zal vergroten. De kansrijke richtingen van de MRO-markt zijn benoemd in paragraaf 2.2 en Tabel.

6.2 GEBRUIK VAN DE METHODIEK

De gepresenteerde methodiek is ontwikkeld met methodieken uit de literatuur en ervaringen van medewerkers. De werking van deze methodiek is in de praktijk nog niet getest.

Om te testen of de methodiek in de praktijk ook toepasbaar is, moet er een pilotstudie gehouden worden bij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. De verschillende betrokkenen kunnen namelijk een andere visie of andere belangen hebben dan van tevoren is uitgedacht. Met een innovatief product zou het centrum dan de stappen in het ontwikkelingsproces op kleine schaal kunnen doorlopen. Door middel van deze pilotstudie kunnen werknemers ervaring opdoen en vertrouwen krijgen in de methodiek. Hierdoor kunnen de werknemers bij de realisatie van een volgend innovatief product de methodiek ook beter en efficiënter doorlopen.

BRONNENLIJST

Dit onderzoek is wetenschappelijk onderbouwd middels artikelen en boeken, die hieronder zijn opgesomd op alfabetische volgorde.

WETENSCHAPPELIJKE ARTIKELEN

Afonso, P., Nunes, M., Paisana, A. and Braga, A., 2008. The influence of time-to-market and target costing in the new product development success. *International Journal of Production Economics*, 115(2), pp.559-568.

Brown, T. 2008. Design Thinking. *Harvard Business Review*, June, pp. 84-92.

Buxton, P.A.M.E.L.A., 2000. Time to Market is NPD's Top Priority. *Marketing*, pp.35-37.

Cooper, R.G., 1990. Stage-gate systems: a new tool for managing new products. *Business horizons*, 33(3), pp.44-54.

Cooper, T., Marcontell, D., Stewart, D., 2017. GLOBAL FLEET & MRO MARKET FORECAST SUMMARY 2017-2027. Oliver Wyman.

Englund, R., 1990. Faster new product development: Getting the right product to market quickly: Milton D. Roseneau Jr. AMACOM, 1990.

Gans, J.S. and Stern, S., 2003. The product market and the market for "ideas": commercialization strategies for technology entrepreneurs. *Research policy*, 32(2), pp.333-350.

Gupta, A.K. and Wilemon, D.L., 1990. Accelerating the development of technology-based new products. *California management review*, 32(2), pp.24-44.

Kahn, K.B., 2012. The PDMA handbook of new product development. John Wiley & Sons.

Karagozoglu, N. and Brown, W.B., 1993. Time-based management of the new product development process. *Journal of Product Innovation Management*, 10(3), pp.204-215.

Lukas, B.A. and Brodowsky, G.H., 1998. Successful invention management: Formalizing the generation and validation of new product ideas. *Competitive intelligence review*, 9(4), pp.20-28.

Müller, R.M. and Thoring, K., 2012. Design thinking vs. lean startup: A comparison of two user-driven innovation strategies. *Leading Through Design*, 151.

Nobel, C., 2011. Teaching a'Lean Startup'Strategy. *HBS Working Knowledge*, pp.1-2.

Onyemah, V., Pesquera, M.R. and Ali, A., 2013. What entrepreneurs get wrong. *Harvard Business Review*, 91(5), pp.74-79.

Phillips, P., Diston, D., Starr, A., Payne, J. and Pandya, S., 2010. A review on the optimisation of aircraft maintenance with application to landing gears. In Engineering Asset Lifecycle Management (pp. 68-76). Springer London.

Reinertsen, D. and Smith, P., 1991. Developing products in half the time. New York, 13.

Rothaermel, F.T. and Deeds, D.L., 2004. Exploration and exploitation alliances in biotechnology: A system of new product development. Strategic management journal, 25(3), pp.201-221.

Sarin, S. and McDermott, C., 2003. The effect of team leader characteristics on learning, knowledge application, and performance of cross-functional new product development teams. Decision sciences, 34(4), pp.707-739.

Schoonhoven, C.B., Eisenhardt, K.M. and Lyman, K., 1990. Speeding products to market: Waiting time to first product introduction in new firms. Administrative Science Quarterly, pp.177-207.

Thomke, S.H., 1998. Managing experimentation in the design of new products. Management Science, 44(6), pp.743-762.

Van Tol, N. (n.d.). Multi Criteria Decision Making in Aircraft Maintenance Technology.

Visscher, K. and Fisscher, O.A., 2009. Cycles and diamonds: How management consultants diverge and converge in organization design processes. Creativity and Innovation Management, 18(2), pp.121-131.

Ward, Y. and Graves, A., 2005. Through-life management: the provision of integrated customer solutions by aerospace manufacturers. Report available at: <http://www.bath.ac.uk/management/research/pdf/20>, pp.05-14.

Wheelwright, S.C., 2010. Managing new product and process development: text cases. Simon and Schuster.

Zahra, S.A. and Ellor, D., 1993. Accelerating new product development and successful market introduction. SAM Advanced Management Journal, 58(1), p.9.

BOEKEN

Ries, E., 2011. The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses. Crown Business.

Schröcker, D., 2013. Innovation: How to Convert Research Into Commercial Success Story?.. Analysis of innovation successes in the field of industrial technologies, Part 3

Smit, K., 2010. Onderhoudskunde.

Tinga, T., 2013. Principles of loads and failure mechanisms

Trott, P., 2012. Innovation management and new product development. Pearson education.

APPENDIX

De appendix bestaat uit twee delen: Deel A en Deel B. Appendix A geeft de methodiek samengevat weer met een checklist voor het ontwikkelingsteam. Appendix A kan los van de bachelor scriptie gestuurd en gelezen worden. Appendix B bevat meer achtergrondinformatie over de geïnterviewde werknemers bij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum en de eigenaar van de startup PES-Check.

APPENDIX A

Appendix A bevat de methodiek voor de realisatie van een innovatief idee met betrekking tot de vliegtuigonderhoudstechnologie samengevat en een handige checklist voor het ontwikkelingsteam. De appendix zou los van het verslag gelezen en begrepen kunnen worden en zou hierom gemakkelijk los van de bachelor scriptie naar een ontwikkelingsteam gestuurd kunnen worden. Bij mogelijke onduidelijkheden of voor bronnen en meer uitleg kan de bachelor scriptie gehanteerd worden.

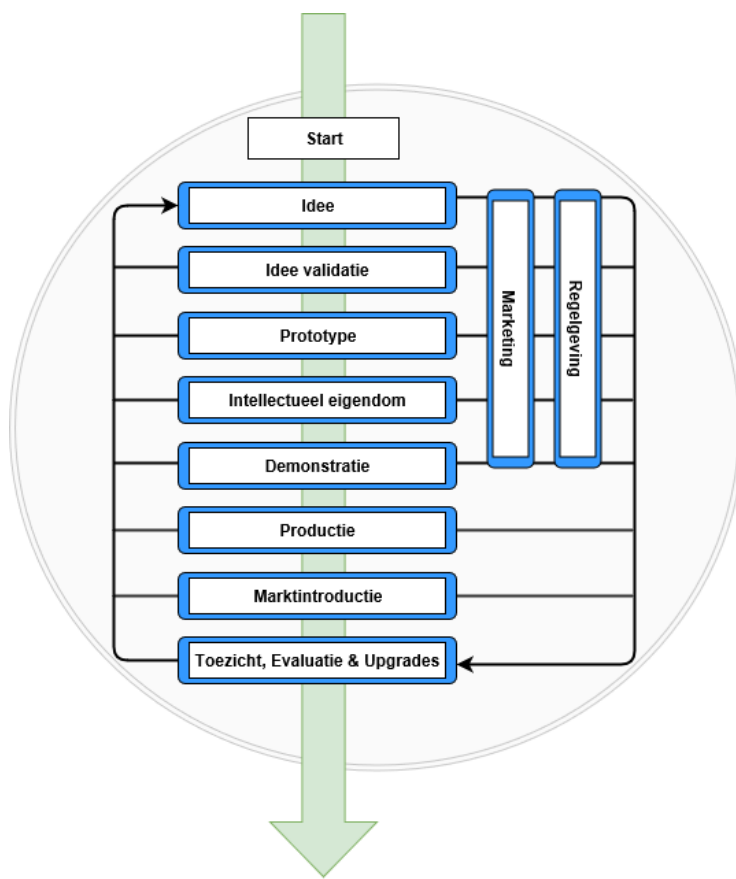
Methodiek voor het realiseren van innovatieve ideeën

Dit document geeft een methodiek weer voor het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) dat gebruikt kan worden bij de realisatie van innovatieve ideeën. De methodiek is opgesteld voor de vliegtuigonderhoudstechnologie, maar kan ook uitgangspunten bieden op andere gebieden in de luchtvaart.

Als eerst wordt het model voor de methodiek weergegeven, waarna de verschillende stappen uit dit model beschreven worden. Hierna volgt een checklist dat het ontwikkelingsteam kan langslopen voor een efficiënt en effectief projectverloop. Verdere uitleg en bronnen kunnen gevonden worden in de bachelor scriptie. De bachelor scriptie is te verkrijgen bij het NLR.

DE METHODIEK

Dit model onderscheidt zich met andere modellen in de literatuur, door heel specifiek een innovatief idee voor de vliegtuigonderhoudstechnologie te behandelen. Er zijn in de literatuur al methodieken voor het ontwikkelen van een product in de vliegtuigonderhoudstechnologie, zoals de systems engineering, en voor het realiseren van innovatieve ideeën, zoals weergegeven in het innovatie management en verschillende startup strategieën, maar dit onderzoek brengt de methodieken samen voor het NLR. Deze checklist presenteert de methodiek, schematisch weergegeven in figuur A.1.



Figuur A.1: Methodiek innovatief idee vliegtuigonderhoudstechnologie

HET INNOVATIEVE IDEE

Dit model start vanuit een reeds gekozen idee. Het NLR heeft al een onderzoek afgerond naar de meest kansrijke technologie. De uitslag van dit onderzoek is te verkrijgen bij het NLR.

MARKETING

De marketing van het product vindt plaats middels de Segmentatie, 'Targeting' en Positionering methodiek. Hiervoor moet als eerst de markt in segmenten verdeeld worden. Om bruikbaar te zijn moeten de gemaakte segmenten uiteindelijk aan vijf criteria voldoen: ze moeten meetbaar zijn, groot genoeg zijn om winstgevend te zijn, beschikbaar zijn om bereikt te worden, differentieerbaar en uiteindelijk bruikbaar zijn en ze moeten kunnen reageren op een marketingstrategie. Als de markt gesegmenteerd is, moet het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum kiezen op hoeveel en welke doelgroepen het gaat focussen. Bij het evalueren van de verschillende segmenten moet gelet worden op het einddoel en de beschikbare middelen. Vanuit dat perspectief moet ook gekeken worden hoe goed elk segment scoort op de genoemde vijf criteria. Voor het positioneren in de markt moeten de gelijkenissen en verschillen van het bedrijf met de concurrentie geïdentificeerd worden. Het positioneren wordt in de marketingwereld veelal gedaan door de marketingmix van McCarthy, ook wel de 4P's genoemd: Product, Prijs, Plaats en Promotie. Door het optimaliseren van de marketingmix kunnen de marketeers de effectiviteit en bedrijfsresultaten verbeteren.

REGELGEVING

Voor de regelgeving worden in de bachelorscriptie vijf stappen benoemd die een bedrijf of organisatie moet doorlopen voor een certificaat bij twee zeer gerenommeerde veiligheidsinstanties in de luchtvaart: de FAA en de EASA. Voor het NLR is het belangrijk om, indien een dergelijk stap ondernomen moet worden voor het product, hier tijdig naar te kijken, aangezien dit veel tijd in beslag kan nemen en mogelijk voor verandering kan zorgen in het ontwikkelingsproces.

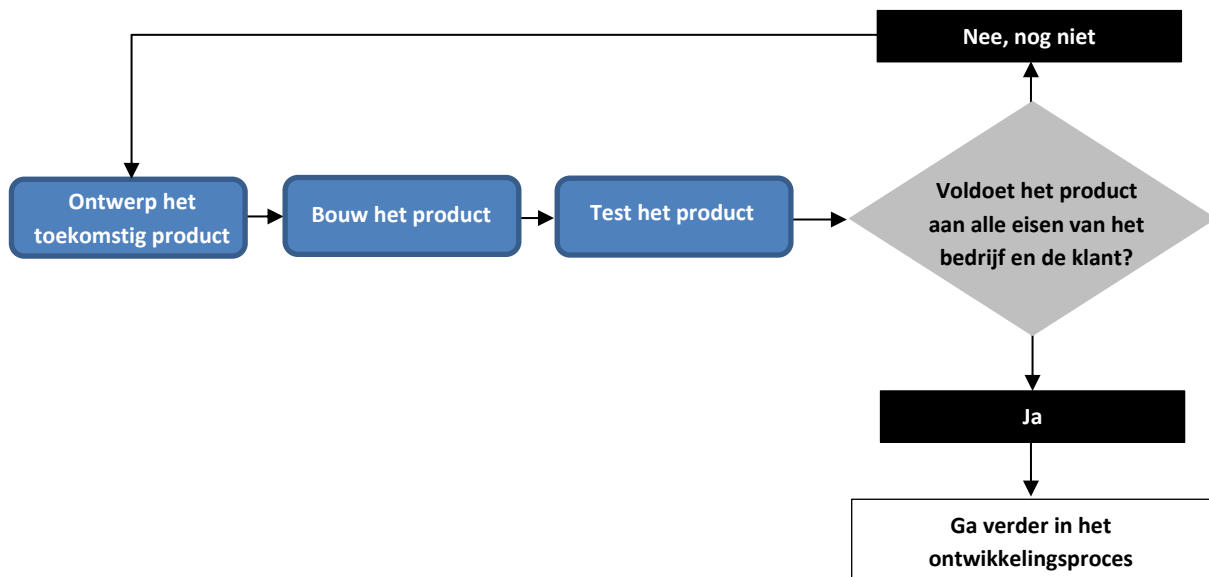
DE IDEE VALIDATIE

Voor het valideren van een idee wordt het idee bij de betreffende doelgroep getest, waarna er met de opgehaalde data en feedback van de doelgroep het idee zodanig aangepast wordt dat de doelgroep het product uiteindelijk daadwerkelijk zou aanschaffen. Het ontwikkelingsteam moet voor de validatie de volgende vragen beantwoord krijgen:

1. Herkent de klant het probleem dat het innovatieve idee van het NLR probeert op te lossen?
2. Als er een oplossing was, zou de klant dit dan aanschaffen?
3. Is het mogelijk voor de klant om de oplossing bij het NLR aan te schaffen of wordt dit gedwarsboemd door bijvoorbeeld regelingen of deals met andere organisaties?
4. Kunnen wij een oplossing vinden voor het probleem dat geschetst is door het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum?

HET PROTOTYPE

Het bouwen van een prototype bestaat in de meeste ontwikkelprojecten uit drie stappen: ontwerpen, bouwen en testen van het prototype (Wheelwright, 2010). Het bouwen van een prototype is een iteratief proces en hierom voegen andere onderzoekers nog een vierde stap toe: Thomke (1998) voegt een analyseerstap toe en Veryzer (1998) een modificatiestap. Om het iteratieve proces mee te nemen voegt het NLR ook een vierde iteratieve stap toe; dit ziet er als volgt uit:



Figuur A.2: Prototype bouw proces

Deze stap in het ontwikkelingsproces kan worden afgesloten als het product zowel aan de eisen van het NLR als de klant voldoet.

INTELLECTUEEL EIGENDOM

Het NLR kan een patent aanvragen om het intellectueel eigendom te beschermen, wat bescherming biedt bij technische producten of processen, maar zou ook als alternatief bijvoorbeeld het idee geheim kunnen houden. Wil het NLR haar product (deels) patenteren, dan moet de uitvinding aan de volgende drie eisen voldoen:

1. De uitvinding moet nieuw en innoverend genoeg zijn. Het product mag nergens voor indiening van het patent al openbaar bekend zijn.
2. De uitvinding moet op uitvinderswerkzaamheid berust zijn, met andere woorden: de uitvinding mag voor een vakman niet voor de hand liggen.
3. De uitvinding moet geschikt zijn voor industriële toepassing en dus gaan over een technisch aantoonbaar functionerend product of productieproces.

DEMONSTRATIE

Aangezien het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum geen productiebedrijf is, is het tonen van een demonstratie en verkopen van het demonstratiemodel vaak het eindpunt van het ontwikkelingsproces. In deze fase van het ontwikkelingsproces verkoopt het NLR vaak een licentie, patent of product aan een civiele of militaire luchtvaartorganisatie.

DEMONSTRATIE MODEL	VOORDELEN	NADELEN
LICENTIE	1. Snelle toegang tot verschillende technologieën. 2. Relatief lagere ontwikkelingskosten. 3. Mogelijk maximale winst bij verkoop aan verschillende marktsegmenten.	1. Verwaarlozing interne technologie ontwikkeling. 2. Succes van het product en reputatie NLR ligt mogelijk bij de klant. 3. Beschermen van de licentie kan veel geld en tijd kosten. 4. Idee kan gekaapt worden.
PATENT	1. Idee kan niet gekaapt worden. 2. Relatief gemakkelijke en zorgeloze overdracht. 3. Relatief weinig ondernemersvaardigheden nodig.	1. Activiteiten NLR publiekelijk openbaar. 2. Hoge patentkosten. 3. Mogelijk een langere ontwikkelingsproces. 4. Relatief lastig om kopers te vinden voor patenten.
ALLEEN EEN PRODUCT	1. Geen licentie- en patentkosten. 2. Geen tijd kwijt aan een het licentie- en patenttraject.	1. Idee kan gekaapt worden. 2. Verkoop mogelijk lastiger zonder alle papieren.

Tabel A.1: Voor- en nadelen demonstratiemodellen

Bij de demonstratie is het belangrijk de toegevoegde waarde van het product al van tevoren in kaart gebracht te hebben en deze op dat moment te presenteren. Voordat deze stap gezet wordt, moeten eerst de volgende vragen beantwoord zijn:

1. Welke waarde leveren wij aan onze klanten?
2. Welk probleem van de klant lossen wij op?
3. Welke product(en) en service(s) leveren wij aan elke afzonderlijke klant?
4. Welke behoeften van de klant voldoen wij met ons product?

PRODUCTIE

Het NLR is geen productiebedrijf en komt normaliter niet tot deze stap in het ontwikkelingsproces. Wel is het mogelijk dat de kennisorganisatie in de toekomst ambieert ook deze stap uit te voeren. De voor- en nadelen moeten dan tegen elkaar op gewogen worden:

	VOORDELEN	NADELEN
ZELF PRODUCEREN	1. Mogelijke succes of falen van het product ligt in eigen hand. 2. Door de gehele controle over de uitvinding te hebben, kan het NLR zaken als de reputatie en de kwaliteit van het product zelf bepalen. 3. Succes van het product kan voor meer overtuigingskracht en een betere onderhandelingspositie zorgen bij aandeelhouders en toekomstige klanten.	1. Een reorganisatie van het NRL is nodig om dit te faciliteren. 2. Een fikse investering is nodig voor de reorganisatie, zoals mogelijk extra productiefaciliteiten, octrooiaanvragen en marketing.

Tabel A.2: Voor- en nadelen eigen productielijn

Indien het NLR zelf wil produceren moet het rekening houden met verschillende factoren. Een eerste factor is de perfectionistische standaarden van het personeel, wat hoge kosten met zich mee zou brengen. Verder zou het NLR minder uit moeten gaan van het formele traject en de minder formele traject zou meer snelheid moeten creëren in het proces. Ook zou de directie bij dergelijke projecten ook kosten moeten durven maken en minder uitgaan van alleen de baten van het project. Het NLR zou zich ten slotte moeten focussen op de 'out of the box' gedachtegang en meerdere alternatieve producten tegelijkertijd op de markt proberen te brengen.

MARKTINTRODUCTIE

De marktintroductie is een belangrijke fase in het ontwikkelingsproces en een kortere doorlooptijd van het ontwikkelingsproces door een snellere marktintroductie kan voor zowel het NLR als de klant voordelig zijn.

TOEZICHT, EVALUATIE & UPGRADES

Bij sommige producten of services is het nodig om na de verkoop van het product toezicht te houden. Dit kan een extra service zijn die het NLR bij het aanbod toevoegt, wat zorgt voor een snellere verkoop.

Ook kan het bedrijf ervoor kiezen om het project gedurende de loop en achteraf te evalueren. Evaluaties door middel van benchmarks kan tijdens dit project zorgen voor een kortere ontwikkelingsproces. Bij volgende projecten zorgt dit voor een betere omgang van de technologische problemen en vertragingen in het ontwikkelingsproces en uiteindelijk dus voor een efficiënter ontwikkelingsproces. Het NLR kan de prestatie van het uiteindelijk ontwikkelde product evalueren op vier punten: health, beschikbaarheid, kosten en planning. De formule voor de onderhoudsprestatie is:

$$\text{Onderhoudsprestatie} = P_{\text{Health}} \times P_{\text{Beschikbaarheid}} \times P_{\text{Kosten}} \times P_{\text{Planning}}$$

Ten slotte is het mogelijk dat het product een upgrade krijgt. In dit geval is het mogelijk om ook bij het toezicht en de evaluatie nog verbeterpunten te vinden, zowel voor het product als het project.

CHECKLIST

Dit onderdeel beschrijft een checklist die langsgelopen kan worden door het ontwikkelingsteam en mogelijke problemen in het ontwikkelingsproces moet voorkomen. De lijst is gebaseerd op de methodiek en volgorde die hierboven is beschreven. Het startpunt is een reeds gekozen innovatief idee.

Het idee is zodanig gevalideerd dat de klant toezegt het product aan te schaffen.

Checklist voor de realisatie van ideeën Er is een innovatief idee dat gerealiseerd gaat worden.		 1 / 3
☐	De markt is gesegmenteerd en voldoet aan de vijf segmentcriteria.	
☐	De marktsegmenten die het product de beste kansen bieden zijn geselecteerd.	
☐	De concurrentie is geïdentificeerd, en gelijkenissen en verschillen met het NLR zijn in kaart gebracht.	
☐	Door middel van de marketingmix is de positionering bepaald.	
☐	De regelgeving waarmee dit product te maken kan krijgen is in kaart gebracht.	
☐	Het ontwikkelteam heeft de volgende vragen beantwoord: 1. Herkent de klant het probleem dat het innovatieve idee van het NLR probeert op te lossen? 2. Als er een oplossing was, zou de klant dit dan aanschaffen? 3. Is het mogelijk voor de klant om de oplossing bij het NLR aan te schaffen of wordt dit gedwarsboemd door bijvoorbeeld regelingen of deals met andere organisaties? 4. Kunnen wij een oplossing vinden voor het probleem dat geschetst is door het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum?	
☐	Het idee is zodanig gevalideerd dat de klant toezegt het product aan te schaffen.	

Checklist voor de realisatie van ideeën

Er is een innovatief idee dat gerealiseerd gaat worden.



2 / 3

☐

Het prototype is gebouwd en het product voldoet aan alle eisen van het bedrijf en de klant.

☐

De voor- en nadelen van het patenteren van het product zijn besproken.

☐

Op basis hiervan is er een keuze gemaakt voor de bescherming van het intellectueel eigendom.

☐

Indien het NLR ervoor kiest het product te patenteren, dan voldoet het ook aan de drie eisen voor een octrooi.

(Optioneel)

☐

De volgende vragen zijn beantwoord:

- Welke waarde leveren wij aan onze klanten?
- Welk probleem van de klant lossen wij op?
- Welke product(en) en service(s) leveren wij aan elke afzonderlijke klant?
- Welke behoeften van de klant voldoen wij met ons product?

☐

Op basis hiervan is het product gepresenteerd aan de klant en kan er een verkoop plaatsvinden middels een licentie, patent of een product.

☐

De voor- en nadelen van het zelf produceren van het product zijn tegen elkaar opgewogen.

Indien het NLR ervoor kiest om volgende stap in het ontwikkelingsproces zelf te doen, zijn de tips in overweging genomen en kan de volgende stap plaatsvinden. Hierbij wordt ook het moment van de commercialisering bepaald, met in het achterhoofd dat het voordelig is voor het NLR en de klant dat dit zo snel mogelijk gebeurt.

(Optioneel)

Checklist voor de realisatie van ideeën

Er is een innovatief idee dat gerealiseerd gaat worden.



3 / 3

☐

De marktintroductie heeft gepland plaatst gevonden.

☐

Er wordt, indien afgesproken, toezicht gehouden op het product.

(Optioneel)

☐

Als dit van tevoren bepaald is, wordt er na het project het ontwikkelingsproces geëvalueerd

☐

De mogelijkheid tot een upgrade is onderzocht.



APPENDIX B

Appendix B bevat achtergrondinformatie over de vijf werknemers bij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum en de eigenaar van de succesvolle startup PES-Check, die geïnterviewd zijn voor dit onderzoek.

René Eveleens

René Eveleens studeerde in 1996 af van de faculteit 'Electrical Engineering' aan de TU Delft met een specialisatie in avionica. Hierna begon de heer Eveleens te werken bij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. Momenteel is de heer Eveleens de afdelingsmanager op het gebied van 'Flight Test & Certification'. De heer Eveleens was de project manager van het 'Embedded Trainen' project en is over dit project geïnterviewd.

Bert Thuis

Bert Thuis studeerde in 1990 af aan de TU Delft met een master in Lucht- en Ruimtevaarttechniek. De heer Thuis is momenteel afdelingsmanager bij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum en hoofd van de afdelingen 'Metals Additive Manufacturing Technology Centre' en 'Automated Composites Manufacturing Field Lab'. Daarnaast is de heer Thuis technisch directeur van de Dutch Composites Maintenance Centre. De heer Thuis is afdelingsmanager van het 'F-35 Composite Dragbrace' project en is hierover geïnterviewd.

Frank van Rijn

Frank van Rijn was project manager van het 'F-35 Meetsystemen' project bij het Nederland Lucht- en Ruimtevaartcentrum. Bij dit project werd er een nieuw, innovatief product ontwikkeld wat aansluit op dit onderzoek en hierover is de heer Van Rijn geïnterviewd.

Paul Schneider

Paul Schneider heeft de opleiding vliegtuigbouw gevolgd. Hierna heeft hij 12 jaar gewerkt in de luchtvaart. Na deze ervaring volgde hij een MBA in Duitsland. Na zijn MBA, ging de heer Schneider werken bij Lufthansa Consulting. Bij Lufthansa Consulting is hij na 9 jaar als partner gestopt. Via een korte omweg heeft hij nu 6 jaar zijn eigen adviesbureau en werkt hij een half jaar parttime bij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum.

Gerald Poppinga

Gerald Poppinga is Senior R&D Manager bij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. De keuze voor het interviewen van de heer Poppinga was snel gemaakt, nadat zijn ambities tot het creëren van een spin-off van het NLR en het starten van zijn eigen startup duidelijk werden. Zijn startup, IDI Mobile, heeft als doel om met behulp van drones moeilijk bereikbare gebieden in ontwikkelingslanden te voorzien van medicijnen.

Serhat Elban

Serhat Elban is eigenaar van de succesvolle startup PES-Check. De heer Elban heeft werkervaring bij Rocket Industries en de Rabobank en heeft zijn kennis hieruit gebruikt om zijn eigen startup te beginnen. PES-Check is een slimme en eenvoudige online screening die toegepast wordt ter verificatie van gegevens over een natuurlijk persoon. PES-Check is een online tool, ontwikkeld na zorgvuldig onderzoek van 1.5 jaar.