

Systems Engineering

Expliciet functioneel specificeren en ontwerpen:
een haalbare wens?

Erwin Uil
September 2006

 Movares

 Universiteit Twente
de ondernemende universiteit

Colofon

Studie

Universiteit Twente
Faculteit Construerende Technische Wetenschappen
Afstudeerrichting Bouwprocesmanagement

Begeleiders:

ir. K.T. Veenvliet
prof. dr. ir. J.I.M. Halman

Opdrachtgever

Movares
Divisie Grote Projecten, vakgroep Projectmanagement

Begeleider:

ir. J.P.M. Oorsprong, senior projectmanager

Auteur

ing. E. C. Uil

Telefoon: 06 44 162 904
E-mailadres: e.c.uil@planet.nl

Gecontroleerd

| ir. J.P.M. Oorsprong



Vrijgegeven

| drs. ir. A.J.J.M. Schillemans



Woord vooraf

Een korte, maar intensieve periode studeren aan de Universiteit Twente rond ik binnenkort succesvol af. Het hebben van een master Civil Engineering & Management, als aanvulling op mijn HTS civiele techniek, resulteert hierdoor in de waardevolle combinatie van wetenschappelijke niveau met praktische kennis. Het is de investering qua opgedane kennis, algemene ontwikkeling en ervaring dan ook meer dan waard!

Met trots mag ik de afstudeerrapportage die voor u ligt aan u presenteren. De ontwikkelingen op het gebied van systems en requirements engineering zijn aangegrepen, om in opdracht van Movares expliciet invulling te geven aan het functioneel specificatieproces. De persoonlijke uitdaging om op dit gebied expert te worden, werd gevoed door de relatieve onbekendheid bij ProRail met dit kennisdomein. Aangezien ProRail een belangrijke opdrachtgevende partij is, is de relevantie van het onderzoek niet uitsluitend binnen maar ook buiten de organisatie van Movares gelegen.

Naast een groot enthousiasme voor dit onderwerp, was er de drive om obstakels niet uit de weg te gaan. Door deze als uitdaging te zien en aan te grijpen om te komen tot nieuwe inzichten en ontwikkelingen, hebben mede de kwaliteit van het eindproduct bepaald.

In dit voorwoord zou ik graag de mensen willen bedanken, die mij geholpen hebben om tot dit resultaat te kunnen komen. Allereerst wil ik graag mijn begeleiders de heer J. Oorsprong namens Movares en de heer K. Veenvliet en de heer J. Halman namens de Universiteit Twente bedanken voor hun inbreng van expertise, feedback en sturing gedurende het project. De heer T. Schillemans zou ik graag willen bedanken voor de mogelijkheid en middelen die hij mij heeft geboden om te kunnen afstuderen binnen Movares. De deskundigen binnen Movares en ProRail wil ik bedanken voor hun bereidheid voor het afnemen van de interviews. De medewerkers van T-Xchange zou ik graag willen bedanken voor de mogelijkheid die is geboden voor het houden van de expert meeting. Uiteraard ook dank voor alle deelnemers aan de expert meeting.

Mijn vrienden, bedankt voor de gezelligheid naast het afstuderen. Speciale dank voor mijn familie die mij door alle perioden heen hebben gesteund en altijd voor mij klaar staan. Tot slot wil ik Willemien bedanken voor haar steun, feedback en luisterend oor gedurende mijn gehele afstuderen.

Ondanks het feit dat het onderwerp complexe materie is, hoop ik dat u met plezier en enthousiasme het rapport zult lezen. Wellicht komt u tot nieuwe inzichten die u praktische toepassing kan geven.

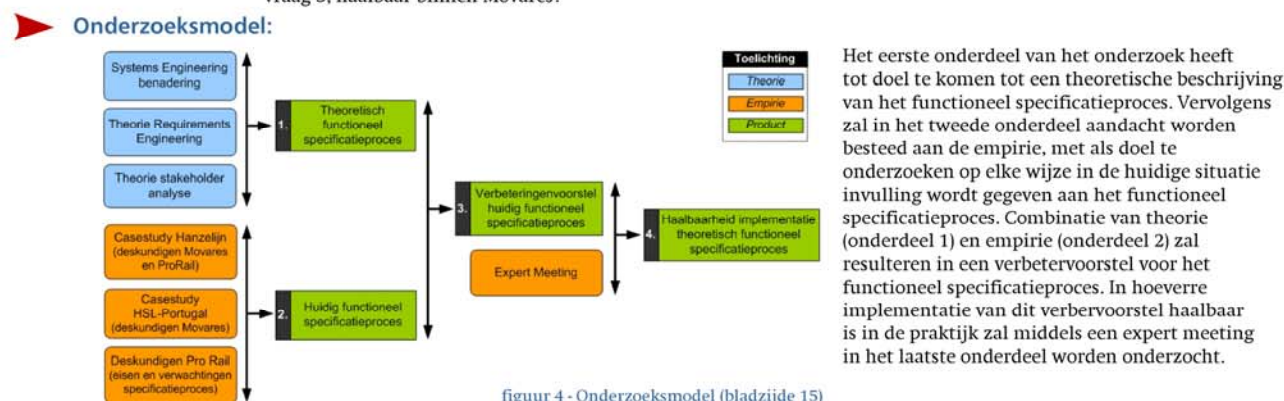
Erwin Uil

Lelystad, september 2006

Samenvatting

Hoofdstuk 1 - Onderzoeksonwerp

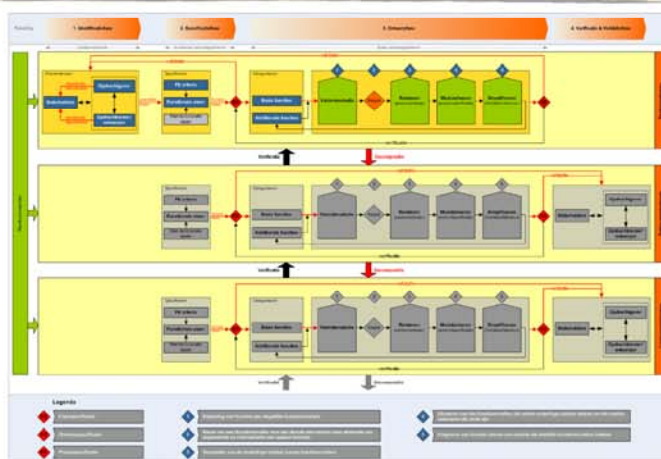
- Probleemstelling:** Het ontbreken van een werkwijze voor een transparant functioneel specificatieproces volgens systems engineering binnen Movares.
- Doelstelling:** Expliciet beschrijven en verbeteren van het functioneel specificatieproces in de context van systems engineering en het onderzoeken van de haalbaarheid van implementatie binnen Movares.
- Vraagstelling:**
 - Centrale vraag 1:** Hoe is theoretisch het functioneel specificatieproces expliciet te maken in de context van systems engineering?
 - Centrale vraag 2:** Op welke wijze wordt in de huidige situatie invulling gegeven aan het functioneel specificatieproces binnen Movares en welke eisen worden vanuit ProRail hieraan gesteld?
 - Centrale vraag 3:** Welke verbeteringen kunnen voor het theoretisch en het huidige functioneel specificatieproces worden benoemd?
 - Centrale vraag 4:** In hoeverre is implementatie van de verbeterde theoretische procesbeschrijving, voortkomend uit centrale vraag 3, haalbaar binnen Movares?



figuur 4 - Onderzoeksmodel (bladzijde 15)

Hoofdstuk 2 - Theoretisch functioneel specificatieproces

- Aanpak:** Het theoretisch functioneel specificatieproces is onderzocht door bestudering van literatuur. Het doel is te komen tot een procesmodel en daarmee antwoord te geven op de eerste centrale vraag.
- Resultaat:** Na beschrijving van de theorie, is de essentie samengevat in kernpunten (tabel 5). Op basis hiervan is gekomen tot tot een procesmodel voor de beschrijving van het theoretisch functioneel specificatieproces (zie figuur 17). Hierin wordt onderscheid gemaakt in een viertal fasen: (1) identificatiefase, (2) specificatiefase, (3) ontwerpfasen en (4) verificatie- & validatiefase. Het V-model ligt aan het model ten grondslag, waarbij in essentie het proces een iteratie is tussen eisen (probleemdomein) en ontwerp (oplossingendomein). Door decompositie neemt de mate van abstractie af gedurende het proces. Omdat de scope van het proces de identificatie van eisen tot en met het ontwerp omvat, zijn de niveaus (m.u.v. de identificatiefase op systeemniveau) repeterend van aard.



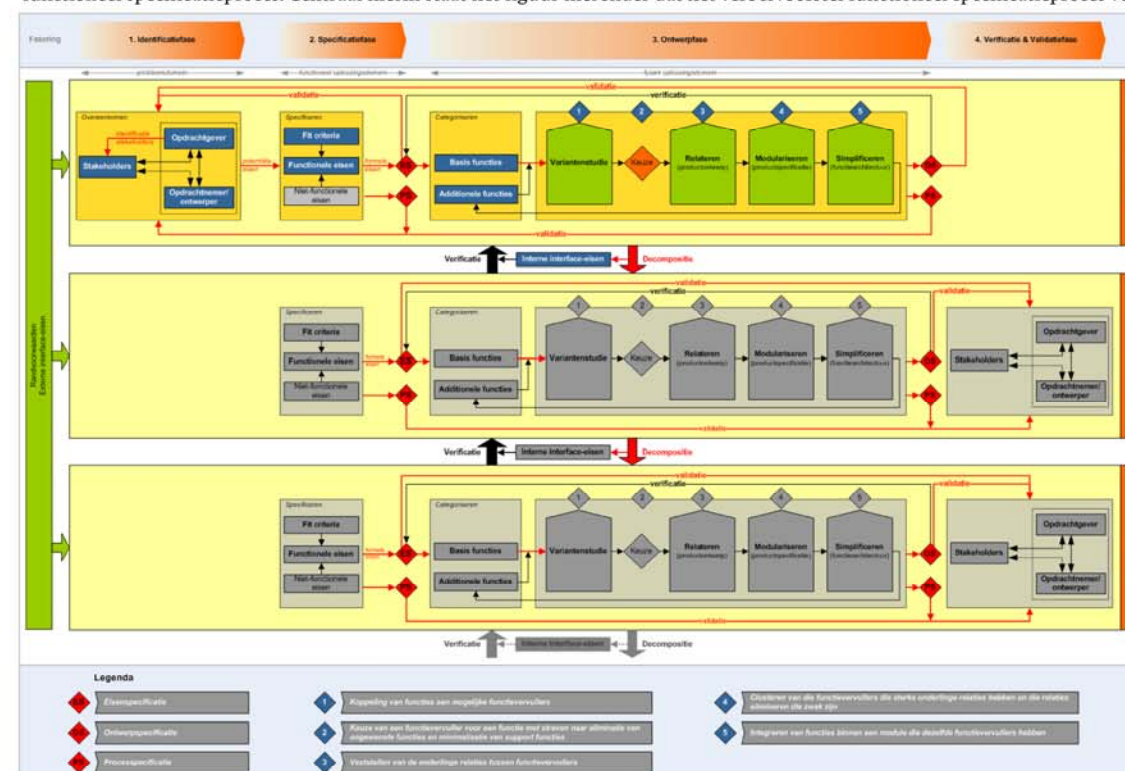
figuur 17 - Theoretisch functioneel specificatiemodel (bladzijde 49)

Hoofdstuk 3 - Huidig functioneel specificatieproces

- Aanpak:** De wijze waarop in de huidige situatie invulling wordt gegeven aan het functioneel specificatieproces, is onderzocht door de casestudies Hanzelijn en HSL-Portugal. Hiervoor zijn interviews onder deskundigen bij Movares en ProRail gehouden en documentenstudies uitgevoerd. Dit is geoperationaliseerd door het 'framework casestudies'. Door de rol van de deskundigen in het project te analyseren en deze te koppelen aan de betreffende procesfase(n) van hoofdstuk 2, is op objectieve wijze de expertise van de deskundigen geïdentificeerd. Naast de casestudies zijn, middels interviews en documentenstudie, de eisen en verwachtingen van ProRail als opdrachtgevende partij geïnventariseerd. Door de informatie van deze drie onderdelen aan elkaar te relateren, is de betrouwbaarheid van de stellingen voor het huidige functioneel specificatieproces vergroot.
- Resultaat:** De interviews en documentenstudie hebben geleid tot identificatie van constatering en knelpunten voor het huidige specificatieproces. Hierbij is onderscheid gemaakt in conclusies die gelden voor het gehele proces en specifiek voor de procesfasen.

Hoofdstuk 4 - Verbeter voorstel functioneel specificatieproces

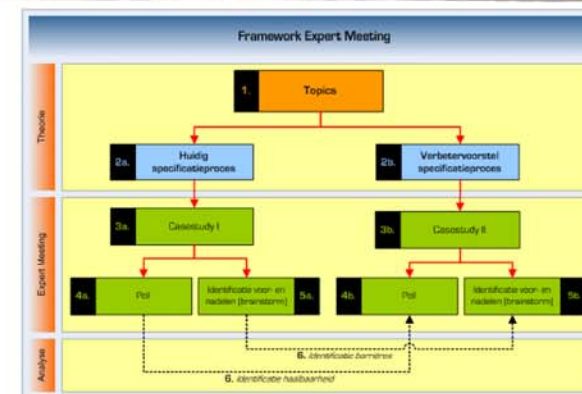
- Aanpak:** Door de theorie (hoofdstuk 2) en empirie (hoofdstuk 3) te combineren, is gekomen tot een verbeter voorstel. Deze is tweeledig doordat de hoofdstukken wederzijds aan elkaar zijn geconfronteerd. Door eerst de empirie aan de theorie te confronteren, is het theoretisch functioneel specificatiemodel (figuur 17) geoptimaliseerd. Op basis hiervan is de theorie aan de empirie geconfronteerd, waarna kon worden gekomen tot een in de praktijk implementeerbaar verbeter voorstel van het functioneel specificatieproces.
- Resultaat:** In paragraaf 5.2 is puntsgewijs, per fase aangegeven op welke punten het theoretisch functioneel specificatiemodel moet worden aangepast. Hoofdzakelijk betreft dit het opnemen van een processpecificatie, onderscheiden van de categorie interface-eisen en identificatie van stakeholders door uitsluitend de opdrachtgevende partij (ProRail). In paragraaf 5.3 is dit gedaan voor het huidige functioneel specificatieproces. Centraal hierin staat het figuur hieronder dat het verbeter voorstel functioneel specificatieproces vormt.



figuur 25 - Verbeter voorstel functioneel specificatieproces (bladzijde 79)

Hoofdstuk 5 - Haalbaarheid verbeter voorstel - Expert Meeting

- Aanpak:** Het doel is de haalbaarheid van implementatie van het verbeter voorstel te onderzoeken. Hiertoe is een expert meeting gehouden, waarbij de processen van het huidige specificatieproces en het verbeter voorstel zijn nagebootst. Dit werd mogelijk door gebruik van de versnellingskamer van T-Xchange. De expert meeting heeft invulling gekregen in de vorm van een framework (zie figuur 27). Voor de casestudies is het project Hanzelijn gebruikt, waarbij uitsluitend de aansluiting bij Lelystad is bekeken. Na afloop van de casestudies is een poll gehouden en zijn de voor- en nadelen van het proces geïnventariseerd. Hierdoor is het mogelijk uitspraken te doen over de haalbaarheid van en mogelijke barrières te identificeren bij implementatie van het verbeter voorstel specificatieproces in de praktijk.
- Resultaat:** Op basis van de resultaten en analyse van de expert meeting, kan worden gesteld dat de procesbeschrijving voor implementatie binnen Movares een haalbaar product is gebleken. Met name op het punt van het bieden van structuur en daarmee het vergemakkelijken van de communicatie. De opdrachtgevende partijen ProRail en Rijkswaterstaat onderstrepen deze voordelen, maar stellen tevens dat verdere aansluiting bij de ontwikkelde en in ontwikkeling zijnde standaarden nodig is voor het verkrijgen van een gemeenschappelijk begrippenkader.



figuur 27 - Framework Expert Meeting (bladzijde 83)

Inhoudsopgave

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 8 |
| 2 | Onderzoeksontwerp | 9 |
| 2.1 | Inleiding | 9 |
| 2.2 | Movares – de organisatie | 9 |
| 2.3 | Probleemidentificatie | 9 |
| 2.3.1 | Aanleiding binnen Movares | 9 |
| 2.3.2 | Kennisbelang | 10 |
| 2.3.3 | Wetenschappelijke aanleiding | 10 |
| 2.4 | Probleemdomeinen - onderzoekscontext | 12 |
| 2.4.1 | Opbouw | 12 |
| 2.4.2 | Requirements engineering | 12 |
| 2.5 | Conceptueel ontwerp | 14 |
| 2.5.1 | Probleemstelling | 14 |
| 2.5.2 | Doelstelling | 14 |
| 2.5.3 | Vraagstelling | 14 |
| 2.6 | Onderzoekstechnisch ontwerp | 15 |
| 2.6.1 | Onderzoeksmodel | 15 |
| 2.6.2 | Onderzoeksstrategieën | 16 |
| 3 | Theoretisch functioneel specificatieproces | 17 |
| 3.1 | Inleiding | 17 |
| 3.2 | Het specificatieproces – Eisen in het probleem- en oplossingsdomein | 17 |
| 3.3 | De drie dimensies van het RE proces | 19 |
| 3.4 | Representaties van het specificatieproces | 22 |
| 3.5 | Fasering van het specificatieproces | 24 |
| 3.6 | Fase 1: Identificatiefase – Van wensen naar potentiële eisen | 27 |
| 3.6.1 | Identificeren | 27 |
| 3.6.2 | Overeenstemming | 30 |
| 3.6.3 | Identificatie van stakeholders | 31 |
| 3.7 | Fase 2: Specificatiefase – Van potentiële naar formele eisen | 34 |
| 3.7.1 | Functionele eisen | 34 |
| 3.7.2 | Niet-functionele eisen | 36 |
| 3.7.3 | Randvoorwaarden | 37 |
| 3.7.4 | Fit criteria | 37 |
| 3.7.5 | Eisen aan eisen | 38 |
| 3.8 | Fase 3: Ontwerpfase – Van formele eisen naar ontwerp | 40 |
| 3.8.1 | Ontwerpprincipes | 40 |
| 3.8.2 | Ontwerparchitectuur | 42 |
| 3.9 | Fase 4: Verificatie & validatiefase – Van ontwerp naar vervulling van wensen | 44 |
| 3.9.1 | Verificatie | 44 |
| 3.9.2 | Validatie | 44 |
| 3.9.3 | Kwaliteit van functionele eisen | 45 |
| 3.9.4 | Decompositie | 46 |
| 3.10 | Modellering | 46 |
| 3.11 | Deelconclusie | 50 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4 | Huidig functioneel specificatieproces..... | 52 |
| 4.1 | Inleiding..... | 52 |
| 4.2 | De casestudy voor kwalitatief onderzoek..... | 52 |
| 4.2.1 | Theorie..... | 52 |
| 4.2.2 | Operationalisatie..... | 54 |
| 4.3 | Casestudy – Hanzelijn..... | 57 |
| 4.3.1 | Projectinformatie..... | 57 |
| 4.3.2 | Interviews..... | 57 |
| 4.3.3 | Documentenstudie..... | 58 |
| 4.3.4 | Analyse..... | 60 |
| 4.4 | Casestudy – HSL-Portugal..... | 62 |
| 4.4.1 | Projectinformatie..... | 62 |
| 4.4.2 | Interviews..... | 62 |
| 4.4.3 | Documentenstudie..... | 63 |
| 4.4.4 | Analyse..... | 63 |
| 4.5 | Eisen en verwachtingen ProRail functioneel specificatieproces..... | 65 |
| 4.5.1 | Inleiding..... | 65 |
| 4.5.2 | Interviews ProRail..... | 65 |
| 4.5.3 | Documentenstudie..... | 65 |
| 4.5.4 | Analyse..... | 67 |
| 4.6 | Relateren data..... | 69 |
| 4.7 | Deelconclusie..... | 71 |
| 5 | Verbetervoorstel functioneel specificatieproces..... | 75 |
| 5.1 | Inleiding..... | 75 |
| 5.2 | Verbeterpunten theoretisch functioneel specificatieproces..... | 75 |
| 5.2.1 | Fase 1: Identificatiefase..... | 75 |
| 5.2.2 | Fase 2: Specificatiefase..... | 75 |
| 5.2.3 | Fase 3: Ontwerpfase..... | 76 |
| 5.3 | Verbeterpunten huidig functioneel specificatieproces..... | 76 |
| 5.3.1 | Algemeen..... | 76 |
| 5.3.2 | Fase 1: Identificatiefase..... | 77 |
| 5.3.3 | Fase 2: Specificatiefase..... | 77 |
| 5.3.4 | Fase 3: Ontwerpfase..... | 78 |
| 5.3.5 | Fase 4: Verificatie- en validatiefase..... | 78 |
| 5.4 | Deelconclusie..... | 80 |
| 6 | Haalbaarheid verbetervoorstel – Expert Meeting..... | 82 |
| 6.1 | Inleiding..... | 82 |
| 6.2 | T-Xchange..... | 82 |
| 6.3 | Ontwerp Expert Meeting..... | 83 |
| 6.4 | Resultaten en analyse expert meeting..... | 86 |
| 6.4.1 | Haalbaarheid functioneel specificatieproces binnen Movares..... | 86 |
| 6.4.2 | Barrières implementatie functioneel specificatieproces..... | 87 |
| 6.5 | Deelconclusie..... | 88 |
| 7 | Conclusies en aanbevelingen..... | 89 |
| 7.1 | Conclusies..... | 89 |
| 7.2 | Aanbevelingen..... | 91 |

| | | |
|------------------|---|------------|
| 8 | Begrippenlijst..... | 92 |
| 9 | Referenties | 93 |
| 9.1 | Literatuur | 93 |
| 9.2 | Publicaties/ rapporten/ presentaties..... | 95 |
| 9.3 | Websites | 95 |
| 9.4 | Workshops..... | 95 |
| Bijlage 1 | Onderzoeksontwerp..... | 96 |
| § 2.2 | – Organogram organisatie Movares..... | 96 |
| § 2.4 | – Probleemdomeinen – Onderzoekscontext | 97 |
| Bijlage 2 | Theoretisch functioneel specificatieproces | 104 |
| § 3.7.5 | – Formulering van eisen | 104 |
| § 3.8.2 | – Ontwerparchitectuur..... | 106 |
| Bijlage 3 | Huidig functioneel specificatieproces | 107 |
| § 4.3.1 | – Tracékaart Hanzelijn..... | 107 |
| § 4.3.2 & 4.4.2 | – Interviewschema praktijkstudie..... | 108 |
| § 4.3.2 | – Uitwerkingen interviews casestudy Hanzelijn..... | 109 |
| § 4.4.2 | – Uitwerkingen interviews casestudy HSL-Portugal..... | 114 |
| § 4.5.2 | – Interviewschema ProRail functioneel specificeren | 117 |
| § 4.5.2 | – Uitwerkingen interviews ProRail..... | 118 |
| Bijlage 4 | Haalbaarheid verbetervoorstel – Expert Meeting | 122 |
| § 6.3 | – Ontwerp Expert Meeting..... | 122 |
| § 6.4 | – Resultaten en analyse expert meeting | 124 |

1

Inleiding

De huidige bouwsector is een dynamische markt vol veranderingen. Een belangrijke trend in Nederland is het overlaten van taken in het voortbrengingsproces van infrastructurele projecten door de overheid aan de markt (ONRI, 2005). Dit zogenoemde terugtrekken van de overheid, waaronder ProRail als belangrijke opdrachtgever op het gebied van railinfrastructuur, creëert ruimte die als uitdaging moet worden gezien voor ingenieursbureaus. Ruimte en stimulans voor eigen inbreng van opdrachtnemers zal de doelmatigheid en efficiëntie van het project ten goede komen (Luiten et al., 2005). Ook de verschuiving van denken in termen van de laagste prijs naar een beoordeling op meest economische waarde en levenscyclusbenadering biedt volop kansen (ONRI, 2005; Luiten et al., 2005).

Echter een brede scope maakt een project complex en daarmee moeilijker beheersbaar. Veel eigen inbreng, met de openheid van de vraagstelling die daarvoor nodig is, maken het project onzekerder en complexer voor de opdrachtgever. Hierdoor wordt, vanuit het perspectief van de opdrachtgever, het project minder makkelijk beheersbaar (Luiten et al., 2005).

Om dit te compenseren, willen opdrachtgevende partijen graag inzicht in de wijze waarop tot het product wordt gekomen. In toenemende mate wordt daarom (door de opdrachtgevende partijen) verlangd te werken volgens de werkwijze van SE. In o.a. de vliegtuigindustrie, Amerikaanse Defensie (DoD), telecommunicatie-industrie, ruimtevaartindustrie en software-industrie is deze werkwijze efficiënt en effectief gebleken (Blanchard, 1998; Martin, 2000; DoD, 2001). De eis voor opdrachtnemende partijen om te werken volgens SE, betekent dat zij kennis moeten ontwikkelen om deze projecten te kunnen uitvoeren.

De efficiëntie en effectiviteit die SE *kan* opleveren, hangt voor een groot deel af van de eerste fase van het voortbrengingsproces, dat het kennisdomein van requirements engineering (RE) omvat. Essentieel onderdeel van dit proces is het helder krijgen van de eisen, dat in de praktijk veel problemen op blijkt te leveren. De eisen zijn de sleutel tot het succes of falen van een (technisch) project (Young, 2004).

Movares wil als ingenieurs- en adviesbureau inspelen op de markt, door expertise te ontwikkelen op het gebied van SE. Hierdoor is betere aansluiting bij de wensen van de klant mogelijk, en kan door die kennis competitief voordeel worden behaald door pro-actief in te spelen op de ontwikkelingen in de markt. Dit onderzoek zal op deze behoefte inspelen, door invulling te geven aan het expliciet functioneel specificeren en ontwerpen in de context van SE.

Het rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 zal het onderzoeksontwerp worden beschreven waar de probleemidentificatie, de onderzoekscontext en het ontwerp van het onderzoek centraal zullen staan. Vervolgens zal expliciet invulling worden gegeven aan de titel van het onderzoek, door hoofdstuk 3 t/m 6. In hoofdstuk 3 zal een theoretische beschrijving van het functioneel specificatieproces worden gegeven, dat zal resulteren in een procesbeschrijving. In hoofdstuk 4 zal aandacht worden besteed aan de empirie, waar zal worden gekomen tot constatering en knelpunten gerelateerd aan het functioneel specificatieproces. Deze laatste twee hoofdstukken zullen wederzijds aan elkaar worden geconfronteerd, dat resulteert in een verbetervoorstel voor het functioneel specificatieproces in hoofdstuk 5. Tot slot is middels een expert meeting onderzocht of het verbetervoorstel ook praktisch en succesvol in de praktijk implementeerbaar is. In hoofdstuk 6 zal dit worden beschreven.

2 Onderzoeksontwerp

2.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk heeft tot doel het probleem te identificeren en te komen tot een doelstelling en ontwerp voor het onderzoek. Hiertoe zal allereerst in paragraaf 2.3 het probleem worden geïdentificeerd, dat zowel vanuit het perspectief van de organisatie van Movares alsmede vanuit het perspectief van de wetenschap zal worden belicht. Vervolgens zal door bestudering en inkadering van probleemdomeninen de onderzoekscontext worden vastgesteld. Dit vormt tevens de scope van het onderzoek (zie paragraaf 2.4). Op basis hiervan is het mogelijk een (gericht) conceptueel en onderzoekstechnisch ontwerp voor het onderzoek te maken (zie paragrafen 2.5 en 2.6).

2.2 MOVARES – DE ORGANISATIE

Movares heeft als ingenieurs- en adviesbureau veel kennis en ervaring op het gebied van railinfrastructuur. Echter door de veranderende markt, maken nu ook projecten op het gebied van vervoerssystemen deel uit van het werk. Deze verschuiving van de aard van de projecten, in combinatie met het uitvoeren van projecten in het buitenland, was dan ook de reden van de recente naamswijziging van ‘Holland Railconsult’ naar ‘Movares’. Enkele voorbeelden van grote projecten zijn de Hogesnelheidslijn-Zuid, de Betuweroute en het project VleuGel met onder meer de aanleg van twintig light-railstations.

Het afstudeeronderzoek zal worden uitgevoerd binnen de groep ‘Leiding & Staf’, die valt onder de vakgroep projectmanagement onderdeel uitmakend van de divisie Grote Projecten (zie figuur 32 en figuur 33, Bijlage 1). Omdat binnen de divisie Grote Projecten zowel vakgroepen als projectbureaus bestaan, wordt deze gekarakteriseerd als een matrixorganisatie.

2.3 PROBLEEMIDENTIFICATIE

2.3.1 AANLEIDING BINNEN MOVARES

De in de inleiding beschreven dynamiek van de markt, is op dit moment sterk aanwezig binnen de organisatie van Movares. Dit komt doordat ProRail als voornaamste opdrachtgever in de vraagspecificatie een werkwijze volgens SE voorschrijft. Voldoen aan deze vraag is dus noodzakelijk voor de acquisitie van projecten, aan te sluiten bij de wensen van de klant en competitief te kunnen opereren op de markt.

De implementatie van een werkwijze volgens SE vraagt de nodige expertise en een verandering in de huidige werkwijze. Momenteel worden de projecten HSL-Portugal en de Hanzelijn als eerste projecten binnen Movares uitgevoerd volgens de werkwijze van SE. Gedurende de uitvoering van deze projecten is gebleken dat er behoefte is voor ontwikkeling van de kennisdomeninen van SE en RE. Hierbij speelt met name de behoefte aan transparantie ten aanzien van gemaakte ontwerpkeuzes en de wijze waarop daartoe is gekomen een grote rol. Echter is hier nog onvoldoende kennis van om dit op consistente wijze uit te voeren. Er is duidelijk behoefte aan overzicht en een leidraad voor het specificeren van eisen binnen de organisatie. Dit is met name van belang omdat de opdrachtgever bij een werkwijze volgens SE verlangt om inzichtelijk te maken *hoe* gekomen is tot het eindproduct. Dit is o.a. te verklaren door het feit dat de opdrachtgever in financiële zin verantwoording over de uitgave van bestemmingsgeld.

De door ProRail aangeboden projecten worden veelal ‘opgeknippt’ in deelcontracten en aangeboden aan verschillende marktpartijen. De voornaamste reden hiervan ligt in het feit dat er verschillende expertises betrokken zijn bij de uitvoering van een railinfrastructuurproject. Denk maar aan de expertises voor de bouw van een viaduct en de aanleg van een beveiligingssysteem voor het spoor. Daarnaast spelen planningstechnische aspecten en spreiding van risico’s mee als reden. Door het ‘opknippen’ ontstaan interfaces

die voor problemen zorgen in de communicatie, afstemming en uitvoering van het project. Dit levert een spanningsveld op tussen enerzijds het technisch beheersbaar maken van het project en anderzijds de beheersbaarheid omtrent de communicatie door het aantal interfaces.

Verplaatsend in de rol van Movares, die opereert als sub-contractor, is het heel lastig om met de generiek opgestelde eisen, die toepassing hebben op verschillende contracten, vast te stellen aan welke eisen het subsysteem moet worden voldaan. We spreken dan nog niet eens van kwalificering van de (gebruikers)eisen in relatie tot het gerealiseerde object.

Naast behoefte voor verbetering van het specificatieproces volgens SE, zijn er ook barrières binnen de organisatie voor algehele implementatie van SE. Dit komt met name door de onbekendheid met het domein van SE, al is dit wel sterk in ontwikkeling.

Concluderend kan worden gesteld dat de eis die de opdrachtgever stelt voor een werkwijze volgens SE, vraagt om het oplossen van de knelpunten en het ontwikkelen van kennis op het gebied van RE, in de context van SE, met als doel een werkwijze te ontwikkelen die transparantie binnen het functioneel specificatieproces mogelijk maakt.

📌 Praktijk

ProRail specificeert een tijd van 30 minuten voor een trein om het traject van Lelystad naar Zwolle van 50 kilometer af te leggen. Movares heeft als subcontractor de taak de aansluitingen op het bestaande spoor en de tussenliggende stations Dronten en Kampen uit te voeren. Het is echter door de gestelde tijd van 30 minuten, niet duidelijk waaraan het deelcontract moet voldoen. Wanneer Movares bijvoorbeeld een kostenbesparend ontwerp voorstelt dat geschikt is voor lage snelheden, dan zal dit moeten worden gecompenseerd op de andere delen. Echter gelden hiervoor wel randvoorwaarden zoals een maximum snelheid van 200 kilometer per uur. Hoe kan dit nu op elkaar aansluiten?

2.3.2

KENNISBELANG

Zoals in de vorige paragraaf al is aangegeven, is ontwikkeling van kennis een voorwaarde om te komen tot transparantie in het proces voor het specificeren van eisen. Inzicht in dit proces kan voordelen opleveren in de vorm van kwaliteit, structuur en als communicatiemiddel dat bruikbaar is voor toekomstige projecten. De vakgroep Projectmanagement, waar het onderzoek zal worden uitgevoerd, kan hier voordeel mee behalen. Ook andere divisies binnen Movares zouden hiermee hun voordeel kunnen doen.

Uiteraard moet de focus niet uitsluitend binnen de organisatie liggen. De genoemde voordelen kunnen namelijk ook in de vorm van adviesdiensten worden gedeeld met andere partijen, waaronder opdrachtgevers. Daarnaast kan, wanneer het proces om te komen tot eisen binnen Movares helder is, dit worden gecommuniceerd met ProRail. Wanneer inzicht in dit proces wordt verkregen, kan de communicatie tussen opdrachtgever-opdrachtnemer worden verbeterd. Concreet kan dan worden aangetoond op welke wijze Movares omgaat met het specificeren van eisen en wat omgekeerd door de opdrachtgever in de vorm van input wordt verlangd. Tevens is er bij INCOSE een certificering op het gebied van SE in ontwikkeling. De producten van dit onderzoek zouden dan bijvoorbeeld kunnen worden gebruikt om deze certificering in aanmerking te komen.

De noodzaak voor de uitvoering van dit onderzoek is niet alleen gelegen in een behoefte vanuit de organisatie. Ook binnen de wetenschap wordt er geworsteld met problemen die spelen binnen het domein van RE, zo zal blijken in de volgende paragraaf.

2.3.3

WETENSCHAPPELIJKE AANLEIDING

De voortbrengingsprocessen om te komen tot een product verschillen van sector tot sector. Kijkend naar de bouwsector zou je door de lage toetredingsdrempel verwachten dat het voortbrengingsproces weinig complex zal zijn. Echter het tegendeel is waar. De bouw kenmerkt zich namelijk o.a. door: projectgewijze productie, uniciteit, locatiegebondenheid, tijdelijke coalities, technocratie en veelal een scheiding tussen ontwerp en uitvoering (Boes et al., 2004). Door projectgewijze productie zijn er geen schaalvoordelen te behalen; elk proces is uniek. Daar komt bij dat door de vele bij het voortbrengingsproces betrokken actoren, de complexiteit wordt vergroot. Deze complexiteit neemt toe naar mate de omvang van het project groter wordt. Kijkend naar grote railinfraprojecten dan zijn deze multidisciplinair

van aard, met velerlei interfaces tussen de projectonderdelen. Dit maakt het project dynamisch complex (Brunton & Tarling, 2003).

De principes van SE kunnen, kijkend naar deze karakteristieken, van belangrijke betekenis zijn voor de railinfrasector. Met name kan er voordeel worden behaald op de volgende punten (Brunton & Tarling, 2003): (1) 'scope of control' door eisen, (2) management en interfacemanagement en (3) kennis van al de projecteisen. Hieruit blijkt dat eisen in het ontwikkelproces een belangrijke rol spelen. Maar waarom zijn deze zo essentieel?

Het succes van het specificeren van eisen in projecten, hangt grotendeels af van de 'match' tussen de eisen van de klant en de product- en proceskennis van het bedrijf. Ratchev et al. (2003) zien het dan ook als de "sleutelfase" van het gehele SE proces. Een kritisch punt voor het ontbreken van de 'match', is het onvoldoende begrijpen en verkeerd transformeren van de gebruikerseisen in producteisen vanuit de opdrachtnemer. Onvoldoende inzicht in het functioneel specificatieproces door inaccuraat aannames die zijn gemaakt in de initiatie- en analysefase van de gebruikerseisen kunnen significante consequenties hebben voor het ontwerp en de realisatie van het product, kijkend naar kwaliteit, tijd en kosten (Ratchev et al., 2003). Leinonen (2001) vult hieraan toe: (1) het ontbreken van een systematische benadering, (2) ontbreken van domeinkennis en (3) omgang met veranderende eisen. Deze identificatie sluit aan bij de geïdentificeerde problemen binnen de organisatie van Movares, zie paragraaf 2.3.1.

Eisen zijn belangrijk omdat zij de basis vormen voor alle ontwikkelingen voor het daaropvolgende werk (Young, 2004). Wanneer eenmaal de eisen zijn vastgesteld, wordt verder gegaan met de daadwerkelijke ontwikkeling van het object, testen en operationaliseren van het systeem. De tendens is dat maar al te vaak na acquisitie meteen het "echte" werk wordt begonnen. Dit wordt veelal gedaan vanuit de intentie dat dit zichtbaar resultaat en dus progressie in de resultaten oplevert (Young, 2004). Ook stakeholders zien het proces van het specificeren van eisen vaak als een onnodige (tijds)investering (Leinonen, 2001).

Dat dit echter geen onnodige tijdsinvestering is, blijkt uit het feit dat de opgestelde eisen veelal significant verschillen van de werkelijke eisen (Young, 2004). De opgestelde eisen zijn deze die door de klant zijn verstrekt aan het begin van de ontwikkeling van het systeem. De werkelijke eisen daarentegen zijn deze de gereflecteerde en geverifieerde behoeften van de gebruikers. Miscommunicatie van eisen leidt tot een verspilling van tijd, moeite en geld (Young, 2004). Met name de kosten die gemoeid zijn met het repareren van eisenfouten zijn het meest kostbaar in het productiestadium; dit in tegenstelling tot wijzigingen die worden gemaakt in het ontwikkelstadium (Katasonov & Sakkinen, 2006; Martin, 2000).

In de softwarebranche is onderzoek gedaan naar de impact die slecht geformuleerde eisen hebben. Hieruit blijkt dat eisen-, specificatie- en ontwerpfouten een substantieel aandeel van 64% hebben, in tegenstelling tot productfouten van 36% (Kotonya & Sommerville, 1996). NASA heeft dit concreet vertaald naar kosten. Hieruit blijkt dat wanneer het gemiddelde van 2 a 3% van de projectkosten worden geïnvesteerd in het specificatieproces van eisen, de kostenoverschrijding naar schatting 80 tot 200% zal zijn. Dit in tegenstelling tot een investering van 8 tot 14% dat tot een overschrijding van 0 tot 50% zal leiden (Young, 2004). Uiteraard is de intentie om niet tot kostenoverschrijding te komen, maar dit illustreert de noodzaak tot investering in het functioneel specificatieproces.

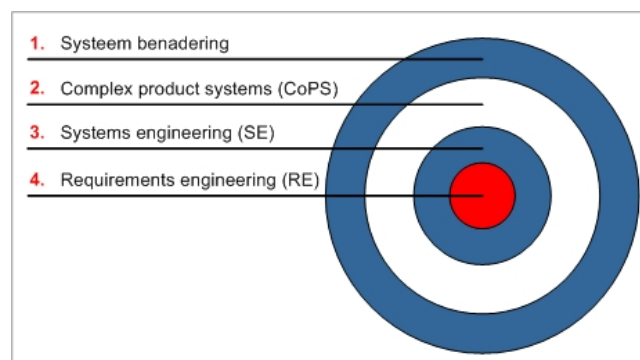
Naast het niet of onvoldoende aansluiten bij de gebruikerseisen, zijn er nog eisen die in het begin van de ontwikkeling van het systeem nog niet bekend waren die voort zijn gekomen uit nieuwe capaciteiten van het systeem. Deze eisen dienen dus te worden geïmplementeerd binnen de bestaande eisen. Het identificeren van de werkelijke eisen vereist een interactief en iteratief proces voor de specificatie van eisen, ondersteund door effectieve processen, mechanismen, methoden, technieken en tools (Young, 2004).

2.4 PROBLEEMDOMEINEN - ONDERZOEKSCONTEXT

2.4.1 OPBOUW

In de vorige paragraaf is het 'waarom' van het onderzoek beschreven. Als een stap verder wordt gegaan, dient er meer duidelijkheid te worden verkregen over de context waarin het onderzoek zal worden uitgevoerd. Dit kan worden beschouwd in de vorm van probleemdomeneinen. Om de probleemdomeneinen te identificeren en hiervan kennis te krijgen, is allereerst een literatuurstudie gedaan. Middels deze kennis werd het mogelijk om een generiek probleemdomenein in te kaderen, waardoor aansluiting werd verkregen op een specifiek probleemdomenein. Door dit proces te herhalen wordt gekomen tot het probleemdomenein waarin het daadwerkelijke onderzoek wordt uitgevoerd. De probleemdomeneinen tezamen vormen de onderzoekscontext. Inzicht in de gemaakte keuzes vormen daarbij de afbakening van het onderzoek.

Kijkend naar de probleemdomeneinen, kunnen er een viertal worden onderscheiden, namelijk: (1) Systeem benadering, (2) Complexe product systemen (CoPS), (3) Systems engineering en (4) Requirements engineering (zie 2.4.2). De focus van het onderzoek zal liggen op het domein



figuur 1 – Opbouw probleemdomeneinen

van requirements engineering dat aansluit bij de probleemidentificatie.

In het verdere betoog zal uitsluitend worden ingegaan op het domein van requirements engineering, waarbij wordt verondersteld dat er kennis is van de overige probleemdomeneinen. Een uitwerking van de eerste drie probleemdomeneinen met bijbehorende keuzes, als resultaat van de literatuurstudie, zijn echter wel terug te vinden (zie Bijlage 1).

2.4.2 REQUIREMENTS ENGINEERING

Requirements engineering (RE) kan worden omschreven als een gestructureerde set van activiteiten die achtereenvolgens de stappen van afleiden, valideren en behouden van systeemeisen documenteert. Procesactiviteiten bestaan uit eisenidentificatie, eisenanalyse & overeenstemming en validatie van eisen. (Kotonya & Sommerville, 1998). De eisen, voortkomend uit het RE proces, dienen te worden gemanaged. Dit wordt ook wel Requirements Management (RM) genoemd. Eisen spelen dus een centrale rol in dit geheel, maar wat zijn nu eisen?

In de literatuur zijn hier verschillende opvattingen over. Martin (2000) definieert een eis als volgt: (1) een karakteristiek dat de voltooiing van de verschillende niveaus identificeert, voor het halen van doelen onder de geven condities en (2) een bindende formulering in een document of contract. Kotonya & Sommerville (1998) hanteren de volgende definitie: een uitdrukking van de service of randvoorwaarde van een systeem. Het ministerie van V&W (2005) drukt een eis in de context van functioneel specificeren uit als: in eisen is vastgelegd wat het systeem in de vorm van een functie moet kunnen, waarbij de prestatie de mate van het vervullen van de functie is. Tot slot definieert Young (2004) een eis als: een noodzakelijk attribuut in een systeem, een uitdrukking dat capaciteit, karakteristiek of kwaliteitsfactor van een systeem identificeert om waarde en gebruik voor de klant of gebruiker te creëren. Voor dit onderzoek is naar aanleiding van deze definities van een eis, gekomen tot een definitie voor het onderzoek, en luidt als volgt:

Een noodzakelijk attribuut in een systeem op verschillende systeemniveaus dat uitdrukking geeft aan een capaciteit, karakteristiek of kwaliteitsfactor in de vorm van een functie dat afhankelijk van de mate van vervulling van de functie waarde en gebruik voor de klant of gebruiker creëert.

| | |
|---------------------------------------|-------|
| • Incomplete requirements | 13.1% |
| • Lack of user involvement | 12.4% |
| • Lack of resources | 10.6% |
| • Unrealistic expectations | 9.9% |
| • Lack of executive support | 9.3% |
| • Changing requirements/specification | 8.7% |
| • Lack of planning | 8.1% |
| • Didn't need it any longer | 7.5% |

figuur 2 - Redenen falen technische projecten
(bron: Standish Group in Hull et al., 2005)

Invulling geven aan RE in de praktijk, lijkt ogenschijnlijk weinig implementatieproblemen te kennen. De praktijk schetst echter een ander beeld, zo blijkt uit onderzoek van Standish Group (in Hull et al., 2005; zie figuur 2). Hierin zijn de met stip gemarkeerde punten direct gerelateerd aan (de specificatie van) eisen.

Eisen spelen dus een wezenlijk onderdeel in een project. Echter moeten deze niet los worden gezien, maar in samenhang met het modelleren van een systeem (Hull et al., 2005).

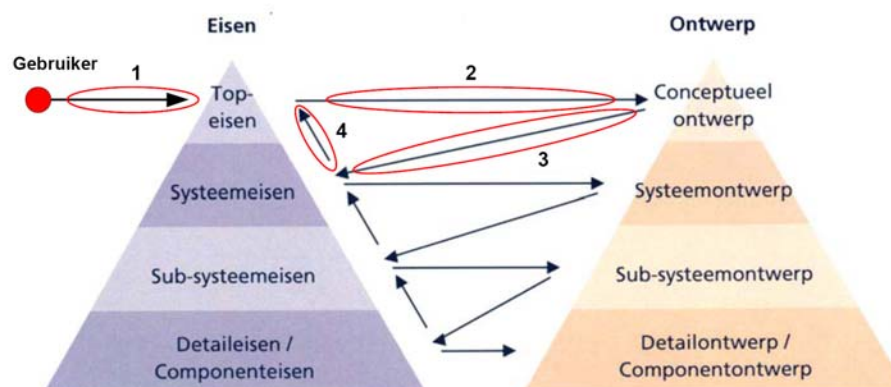
Sommige mensen spreken van het modelleren van eisen; dit is echter onjuist. Het ontwerp van het systeem wordt namelijk gemodelleerd, niet de eisen. Het modelleren helpt de 'requirements engineer' het systeem te begrijpen, om vervolgens de eisen van het betreffende (systeem)niveau te decomponeren naar het onderliggende (systeem)niveau. De eisen *an sich* geven hierin datgene weer wat wordt gevraagd op elk niveau met een toenemende mate van detail (Hull et al., 2005).

Een model als product van het modelleren, is een abstractie van een systeem dat bewust focust op sommige aspecten van het systeem, met uitsluiting van andere aspecten. Onder abstractie in dit geheel moeten worden verstaan het negeren van die details die, doch belangrijk, niet relevant zijn voor het betreffende model. Het voordeel is dat kleinere hoeveelheden informatie kan worden verzameld, verwerkt, gestructureerd en geanalyseerd (Hull et al., 2005). Modellen assisteren de 'requirements engineer' in het analyseren van de eisen, waarbij (Hull et al., 2005):

- Communicatie met de klant mogelijk wordt, met vergroting van het wederzijds begrip van het systeem dat wordt ontwikkeld;
- Het systeem kan worden geanalyseerd om er zeker van te zijn dat de gewenste eigenschappen worden opgenomen;
- Vastgesteld wordt op welke wijze aan de eisen wordt voldaan.

Op basis van het voorgaande, in combinatie met de in paragraaf 2.3.1 beschreven aanleiding, zal het doel zijn om een procesmodel voor de specificatie van eisen te ontwikkelen. Specifieker naar dit RE proces kijkend, kan worden gesteld dat deze wordt gekenmerkt door een drietal categorieën van eisen: (1) functionele eisen, (2) niet-functionele eisen en (3) randvoorwaarden (Robertson & Robertson, 1999; Pohl, 1997). Met name de eerste twee categorieën zijn omvangrijk. Om het onderzoek uitvoerbaar te houden, dient er een keuze te worden gemaakt. Aangezien de essentie van het RE proces in de functionele eisen ligt, in combinatie met behoefte van Movares en persoonlijke interesse, zal de focus liggen op de categorie van functionele eisen.

Uit voorstudie is gebleken dat het probleem niet uitsluitend de specificatie van eisen het probleem vormt, maar tevens de interactie met de gebruiker en het ontwerp (zie figuur 3). De scope omvat daarom het proces van vertaling van wensen en behoeften van de opdrachtgever naar eisen (nr. 1) en de vertaling van eisen naar een ontwerp (nr. 2). Uit figuur 3 blijkt dat dit met aanvulling van de nummers 3 (decompositie) en 4 (verificatie & validatie) een repeterend proces is. Om deze reden is ervoor gekozen de nummers 1 t/m 4 als scope te kiezen.



figuur 3 – Scope onderzoek voor SE proces Movares (bron: brochure Movares, bewerkt)

2.5 CONCEPTUEEL ONTWERP

2.5.1 PROBLEEMSTELLING

Op basis van de in paragraaf 2.1 geïdentificeerde aanleiding binnen de organisatie en wetenschap, in combinatie met de probleemdomeneinen als onderzoekscontext, is er een probleemstelling geformuleerd. Deze luidt als volgt:

Het ontbreken van een werkwijze voor een transparant functioneel specificatieproces volgens systems engineering binnen Movares.

2.5.2 DOELSTELLING

Naar aanleiding van de probleemstelling, kan de doelstelling worden geformuleerd. Deze luidt als volgt:

Expliciet beschrijven en verbeteren van het functioneel specificatieproces in de context van systems engineering en het onderzoeken van de haalbaarheid van implementatie binnen Movares.

2.5.3 VRAAGSTELLING

Centrale vraag 1 – Theoretisch functioneel specificatieproces

Hoe is theoretisch het functioneel specificatieproces expliciet te maken in de context van systems engineering?

- Op welke wijze kunnen behoeften en eisen van de gebruiker worden geïdentificeerd, opdat transformatie naar systeemeisen mogelijk wordt?
- Op welke wijze kunnen functionele eisen expliciet worden omgezet in een ontwerp?
- Op welke wijze dient het proces van verificatie & validatie van het functioneel specificatieproces te verlopen?

Centrale vraag 2 – Huidig functioneel specificatieproces

Op welke wijze wordt in de huidige situatie invulling gegeven aan het functioneel specificatieproces binnen Movares en welke eisen worden vanuit ProRail hieraan gesteld?

- Welke constatering kunnen worden gedaan en welke knelpunten kunnen worden geïdentificeerd over de wijze waarop invulling wordt gegeven aan het functioneel specificatieproces binnen de casus Hanzelijn?
- Welke constatering kunnen worden gedaan en welke knelpunten kunnen worden geïdentificeerd over de wijze waarop invulling wordt gegeven aan het functioneel specificatieproces binnen de casus HSL-Portugal?
- Welke verwachtingen en eisen heeft ProRail ten aanzien van het proces van functioneel specificeren voor Movares als opdrachtnemende partij?

Centrale vraag 3 – Verbetervoorstel functioneel specificatieproces

Welke verbeteringen kunnen voor het theoretisch en het huidig functioneel specificatieproces worden benoemd?

- Op welke punten kan de beschrijving van het theoretische specificatieproces van vraag 1 worden verbeterd na confrontatie met de conclusies van het huidig functioneel specificatieproces?
- Welke verbeterpunten kunnen worden geïdentificeerd voor het huidig functioneel specificatieproces, na confrontatie met het theoretisch functioneel specificatieproces?

Centrale vraag 4 – Haalbaarheid implementatie verbetervoorstel

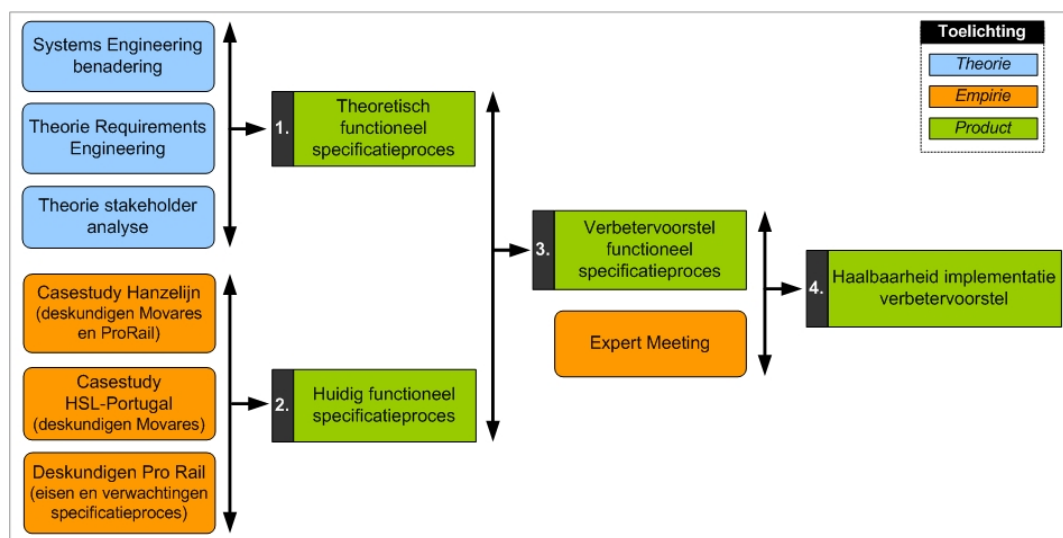
In hoeverre is implementatie van de verbeterde theoretische procesbeschrijving, voortkomend uit centrale vraag 3, haalbaar binnen Movares?

- Welke barrières voor implementatie van een functioneel specificatieproces volgens SE kunnen in de praktijk worden geïdentificeerd?
- In hoeverre sluit de procesbeschrijving aan bij de praktijk?

2.6 ONDERZOEKSTECHNISCH ONTWERP

2.6.1 ONDERZOEKSMODEL

De centrale vragen en deelvragen hebben de beantwoording van de ‘wat’ vraag afgerond. Impliciet is hierin een structurering aangebracht door de toekenning van onderzoeksfasen. Deze onderzoeksfasen zijn in de vorm van producten als uitgangspunt genomen voor het onderzoeksmodel, waarna de relaties zijn gelegd en toevoegingen van activiteiten zijn gedaan. Er is onderscheid gemaakt tussen theoretische (blauw) en empirische (oranje) activiteiten, zodat de aard van deze inzichtelijk wordt (zie figuur 4).



figuur 4 – Onderzoeksmodel

Het onderzoek zal beginnen met het uitvoeren van een literatuuronderzoek, dat moet leiden tot een beschrijving van het theoretisch functioneel specificatieproces. Dit onderdeel zal zich richten op de analyse van de in paragraaf 2.4.2 genoemde relaties. Dit moet resulteren in een expliciete beschrijving van het proces. Vervolgens zal door middel van casestudies het huidige functioneel specificatieproces in kaart worden gebracht. Door de eerste twee onderdelen wederzijds aan elkaar te confronteren, moet duidelijk worden wat er aan beide processen moet worden verbeterd. Uiteraard zal de nadruk liggen op verbetering van het huidige specificatieproces. Uiteindelijk zal dit resulteren in het product van een verbeteringenvoorstel.

Tot slot zal worden gekeken naar de haalbaarheid van implementatie van het verbetervoorstel. Dit zal worden gedaan middels een expert meeting, waarbij beide processen zullen worden gesimuleerd. Uit de ervaringen van de experts, kan uitspraak worden gedaan omtrent de implementatie in de praktijk.

2.6.2

ONDERZOEKSSTRATEGIEËN

Uit het onderzoeksmodel (zie figuur 4) is gebleken, dat zowel theorie als praktijk onderdeel van het onderzoek zullen uitmaken. Dit vraagt voor de verschillende onderdelen om een passende onderzoeks aanpak c.q. onderzoeksstrategie. Onder een onderzoeksstrategie wordt verstaan het geheel van met elkaar samenhangende beslissingen over de wijze waarop het onderzoek zal worden uitgevoerd (Verschuren & Doorewaard, 2005). Verschuren & Doorewaard (2005) onderscheiden een vijftal strategieën, te weten: (1) survey, (2) experiment, (3) casestudy, (4) gefundeerde theoriebenadering en (5) bureauonderzoek. Voor de vier producten (zie figuur 4) kunnen aan de hand hiervan de strategieën worden bepaald.

De eerste centrale vraag heeft tot doel te komen tot een *theoretische* beschrijving van het functioneel specificatieproces. Door de focus op de theorie, waarbij de analyse van literatuur centraal staat, is een keuze voor het bureauonderzoek het meest voor de hand liggend.

Voor de tweede centrale vraag dient het huidig functioneel specificatieproces in kaart te worden gebracht. Daarvoor dient te worden gekeken naar de context waarin de processen in de praktijk tot stand komen. Voor een ingenieurs- en adviesbureau is de projectgewijze werkwijze karakteriserend. Een logische keuze voor de tweede centrale vraag is dan ook de casestudy. Aangezien de casestudies Hanzelijn en HSL-Portugal tot op heden de enige projecten zijn die worden uitgevoerd middels een werkwijze volgens SE, zullen deze worden gebruikt. Verder invulling van de casestudies zal in hoofdstuk 4 worden besproken.

De derde centrale vraag is een confrontatie van de eerste en de tweede centrale vraag. Gezien het analyserende karakter van dit onderdeel, zal hiervoor het bureauonderzoek worden gebruikt. Voor de beantwoording van de laatste vraag, zal een expert meeting worden georganiseerd. Evenals voor de casestudies, zal nader invulling worden besproken in het betreffende hoofdstuk (zie paragraaf 6.3).

Nu de koppeling van de onderzoeksstrategieën met de centrale vragen is gemaakt, kan er een overzicht worden gemaakt waarin tevens de deelvragen een onderzoeksstrategie wordt gekozen. In onderstaande tabel is dit weergegeven.

tabel 1 – Allocatie onderzoeksstrategieën aan centrale vragen en deelvragen

| | Onderzoeksstrategie |
|---|--|
| Centrale vraag 1 – Theoretisch functioneel specificatieproces | |
| Deelvraag a | Bureauonderzoek |
| Deelvraag b | Bureauonderzoek |
| Deelvraag c | Bureauonderzoek |
| Centrale vraag 2 – Huidig functioneel specificatieproces | |
| Deelvraag a | Casestudy Hanzelijn |
| Deelvraag b | Casestudy HSL-Portugal |
| Deelvraag c | Interviews en documentenstudie ProRail |
| Centrale vraag 3 - Verbeteringenvoorstel huidig functioneel specificatieproces | |
| Deelvraag a | Bureauonderzoek |
| Deelvraag b | Bureauonderzoek |
| Centrale vraag 4 – Haalbaarheid implementatie theoretisch functioneel specificatieproces | |
| Deelvraag a | Expert Meeting/ bureauonderzoek |
| Deelvraag b | Expert Meeting/ bureauonderzoek |

3 Theoretisch functioneel specificatieproces

3.1 INLEIDING

Op basis van het onderzoeksontwerp, kan worden begonnen met het theoretisch functioneel specificatieproces als eerste fase van het onderzoek. Deze fase heeft tot doel antwoord te geven op de eerste centrale vraag, die als volgt luidt:

Hoe is theoretisch het functioneel specificatieproces expliciet te maken in de context van systems engineering?

In het eerste deel van het hoofdstuk (de paragrafen 3.2 t/m 3.5), zal aandacht zijn voor het proces als geheel. Karakteristieken, dimensies, representatie en fasering van het proces zullen aan bod komen. Vooruitlopend op deze beschrijving, zullen de volgende fasen worden onderscheiden: (1) identificatiefase, (2) specificatiefase, (3) ontwerpfase en (4) verificatie- en validatiefase. Op deze fasen zal in de navolgende paragrafen (3.6 t/m 3.9), gedetailleerder worden ingegaan.

Getracht is om de gebruikte literatuur (zoveel mogelijk) in alle fasen terug te laten komen. Een voorbeeld hiervan is het model van Jackson (Katasenov & Sakkinen, 2006). De reden hiervoor is gelegen in het feit dat de fasen niet apart moeten worden gezien, maar samen een geheel oftewel het specificatieproces vormen.

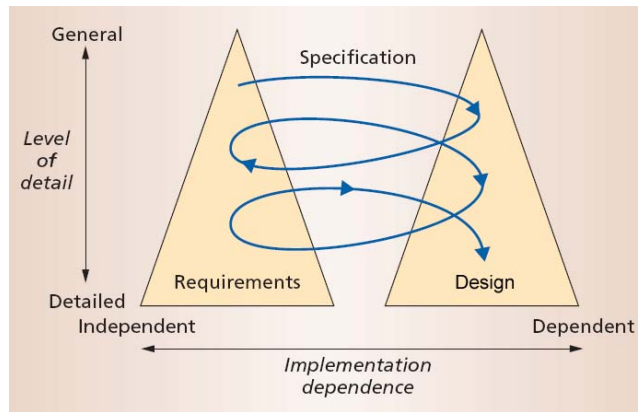
In paragraaf 3.10 zal deze theorie als input dienen, om te komen tot een modellering van het theoretisch functioneel specificatieproces. Hiertoe is de theorie samengevat in de vorm van kernpunten (zie tabel 5). Op basis hiervan is, als resultaat van de modellering, een procesbeschrijving (zie figuur 17) gemaakt die als uitgangspunt zal dienen voor het verdere onderzoek.

3.2 HET SPECIFICATIEPROCES – EISEN IN HET PROBLEEM- EN OPLOSSINGSDOMEIN

Het ontdekken van eisen tijdens het bouwen van het systeem is verre van gewenst, gezien de kosten en inefficiëntie die dit met zich meebrengt (Robertson & Robertson, 1999). De noodzaak voor het specificeren van eisen is in de wetenschappelijke aanleiding in paragraaf 2.3.3 beschreven. Tevens is naar voren gekomen dat RE niet zozeer als een fase moet worden beschouwd, maar moet worden geïncorporeerd in het gehele ontwikkelproces van identificatie van eisen tot en met het ontwerp. Dit wordt ook wel het specificatieproces genoemd. Dit duidt op een integratie van het probleem (behoeften en eisen gebruiker) en de oplossing (het ontwerp). Hoe moet dit worden gezien; kan dit worden verenigd in één proces? In deze paragraaf zal hier nader op worden ingegaan.

De identificatie van wensen en eisen van de gebruiker enerzijds en de oplossing in de vorm van een ontwerp voor een systeem anderzijds, kan worden gezien als respectievelijk het probleem- en oplossingsdomein (Hull et al., 2005). Het probleemdomein is de omgeving waarin het systeem zal worden gebruikt. Alles draait in dit domein om het krijgen van een antwoord op de vraag: wat moet het systeem doen? Het lijkt een open deur, maar een essentieel kenmerk is dat binnen dit domein oplossingsvrij moet worden gespecificeerd. Het genereren van oplossingen komt namelijk naar voren in het oplossingsdomein. Wanneer in deze context wordt gesproken over oplossingsdomein, worden oplossingen in fysieke vorm door toepassing van technologieën, materialen etc. bedoeld. In paragraaf 3.6 zal hier nader op worden ingegaan.

De aanname van een scheiding tussen eisen en ontwerp, sluit aan bij de definitie van Suh (1990) van een ontwerp. Suh (1990) stelt dat het ontwerp een weergave is van het daadwerkelijk te bouwen product, waarbij er continue interactie is tussen het *wat* en het *hoe* dat moet worden bereikt. Een scheiding wordt dus geïmpliceerd tussen het probleemdomein (wat) en oplossingsdomein (hoe). De scheiding tussen de domeinen wordt explicieter gemaakt door het 'Twin Peaks' model van Nuseibeh (2001), zie figuur 5. Zoals de naam van het model doet vermoeden, wordt de scheiding expliciet gemaakt door twee piramiden.



figuur 5 - Het 'Twin Peaks' model (bron: Nuseibeh, 2001, p. 116, bewerkt)

Er is echter ook een ander aspect in dit model, namelijk de neerwaartse spiraal, aangeduid als 'specificatie'. In tegenstelling tot de scheiding, impliceert dit nauwe interactie. Dit aspect komt tevens naar voren door de woorden 'continue interactie' van Suh (1990). Er is dus niet zozeer sprake van twee aparte, op zichzelf staande domeinen. Wanneer aangenomen zou worden dat er sprake zou zijn van twee onafhankelijke domeinen, zou dit praktisch onmogelijk zijn. Eisen zouden dan niet kunnen worden geïmplementeerd in het product; er is immers sprake van afnemende mate van abstractie naarmate het ontwikkelproces vordert. Daarnaast is een scheiding onmogelijk doordat het proces van de revisie van producten, niet van voren af aan begint (Katasonov & Sakkinen, 2006). Samenvattend kan dus worden gesteld, dat het specificatieproces een nauwe interactie is tussen het probleem- en oplossingsdomein, waarbij echter strikte scheiding moet blijven tussen de (oplossingsvrije) eisen en het ontwerp.

Gedurende het specificatieproces dient er uiteraard tot resultaten te worden gekomen. Deze resultaten worden specificaties genoemd. Onder het begrip 'specificatie' wordt in het taalgebruik verschillende invullingen gegeven.

Blanchard (1998) geeft aan dat er een viertal soorten specificaties zijn te onderscheiden: (1) systeem- en subsysteemspecificatie, (2) productspecificatie, (3) processpecificatie en (4) materiaalspecificatie.

De specificatie voor het probleemdomein betreft de systeem- en subsysteemspecificatie. In de praktijk wordt dit kortweg specificatie genoemd. Dit is verwarrend, gezien het feit dat er uit het bovenstaande blijkt dat naast deze specificatie nog drie andere soorten zijn. Wanneer dus uitsluitend wordt gesproken van een specificatie, wordt dus een eisen- of systeemspecificatie bedoeld.

Het resultaat aan de oplossingszijde wordt weergegeven in een productspecificatie en een materiaalspecificatie. De laatste wordt echter pas opgesteld op het laagste abstractieniveau. Veelal wordt alleen van een productspecificatie (ook wel technische specificatie genoemd) gesproken. Voor dit onderzoek zal daarom de term productspecificatie worden aangehouden. De processpecificatie tot slot, is niet gerelateerd aan een domein maar aan het gehele proces. Deze specificatie legt dus het specificatieproces vast.

3.3 DE DRIE DIMENSIES VAN HET RE PROCES

De geschetste scheiding tussen eisen en ontwerp is abstract en dient daarom verder te worden gedetailleerd. Dit kan door het specificatieproces verder op te delen (te scheiden) in fasen. Wanneer echter in dit stadium direct wordt gefocust op de afzonderlijke fasen, zal het overzicht van en daarmee de invloedsfactoren op het gehele proces onduidelijk blijven. Daarom zal allereerst worden gekeken van welke factoren het RE proces afhankelijk is.

Uit de vorige paragraaf kan worden afgeleid dat het RE proces plaatsvindt binnen het probleemdomein; daar vindt immers de vorming van eisen plaats. Dit probleemdomein kan deze worden voorgesteld als een 'black box', waarbij de input van de gebruiker komt en de output als input dient voor het oplossingsdomein (het ontwerp).

Pohl (1994; 1997) onderscheidt een drietal dimensies, die van invloed zijn om tot deze output (de specificatie van eisen) te komen. Deze dimensies zullen in deze paragraaf worden besproken om inzicht te krijgen in het RE proces, die tevens zullen worden gebruikt voor de praktijkstudie in hoofdstuk 4.

In het RE proces, als 'black box', vindt een transformatieproces plaats waarbij input wordt omgezet in een output. Hierbij is de input t.a.v. kennis, voorstelling, begrip etc., van het systeem vaag. De output daarentegen moet een concrete specificatie geven van het systeem. Deze specificatie dient immers als leidraad voor de ontwikkeling van het systeem. Voor de 'black box' kunnen een drietal voornaamste doelen worden onderscheiden, namelijk (Pohl, 1994; 1997):

- Verbeteren van een onduidelijk voorstelling van het systeem in een complete systeemspecificatie;
- Transformeren van informele kennis in formele representaties;
- Verkrijgen van overeenstemming over de specificatie vanuit de verschillende perspectieven.

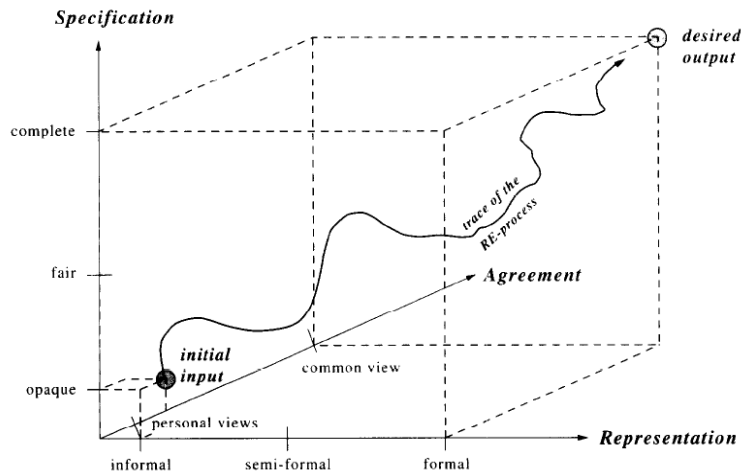
Uit deze doelen zijn door Pohl (1994) een drietal dimensies ontwikkeld, namelijk: (1) **specificatie**, (2) **representatie** en (3) **overeenstemming**. Deze dimensies zullen dus het transformatieproces in de 'black box' beïnvloeden en daarmee de wijze waarop tot de output wordt gekomen bepalen. Omgekeerd kan door de dimensies sturing worden gegeven aan het transformatieproces (zie figuur 6).

Om de dimensies beter te begrijpen en concreter te maken, zullen deze apart worden toegelicht. Echter voordat dit wordt gedaan, dient er een aanvulling te worden gedaan op de drie dimensies. Naast specifieke sturing van het transformatieproces, dient ook de omgeving waarin het RE proces plaatsvindt te worden beschouwd. De omgeving kan immers zowel positieve, maar ook een negatieve invloed hebben.

Uit onderzoek van Pohl (1994; 1997) blijkt dat er een vijftal factoren zijn te identificeren die naast de dimensies het RE proces beïnvloeden, namelijk:

- **Methode:** wanneer er een andere methode wordt gebruikt, kan dit tot verschillende resultaten van het proces leiden, doordat de focus van de methoden verschilt. Zo zal toepassing van een 'structured analysis' een andere specificatie tot resultaat hebben dan wanneer er een 'object oriented analysis' wordt gebruikt.
- **Tools:** toepassing van tools beïnvloed de specificatie. Wanneer bijvoorbeeld een redenatietool wordt toegepast, kunnen inconsistenties worden geïdentificeerd die anders niet naar voren waren gekomen.
- **Sociale aspecten:** de sociale aspecten van het RE team beïnvloed de resultaten. Samenwerking tussen de personen heeft hiermee invloed op het eindresultaat.
- **Cognitieve vaardigheden:** personen hebben verschillende cognitieve vaardigheden. Wanneer specialisten worden betrokken in het RE proces, zal dit leiden tot een betere specificatie.
- **Economische randvoorwaarden:** deze beïnvloeden de resources (geld, mensen etc.) die kunnen worden gebruikt/ingezet gedurende het RE proces.

Het moge duidelijk zijn dat deze (externe) factoren niet uniek zijn voor het RE proces. Productieprocessen worden namelijk ook door deze omgevingsfactoren beïnvloed. Wanneer in de praktijkstudie (hoofdstuk 4) zal worden gekeken naar de knelpunten die zich voordoen binnen het RE proces, dienen knelpunten die voorkomen uit het RE proces te worden gescheiden van de knelpunten die gerelateerd zijn aan de omgeving. Analyse van knelpunten binnen het RE proces, dienen dus uitsluitend te worden gerelateerd aan de drie dimensies.



figuur 6 – De drie dimensies van het RE proces (bron: Pohl, 1994, p. 249)

Specificatie dimensie

De dimensie van specificatie is gerelateerd aan de mate van inzicht in de eisen op een gegeven tijdstip. Afhankelijk van de situatie, zijn de specificatie van het systeem en de omgeving in het begin van het RE proces vaag. Het doel is om de behoefte om te zetten in een complete systeemspecificatie door een iteratief proces van definitie en validatie. Hiervoor moet de dimensie een aantal karakteristieken hebben, die hierna zullen worden besproken (Pohl, 1994; 1997).

De specificaties moeten weergeven *wat* het systeem zou moeten doen (en dus niet *hoe*). De beantwoording van deze ‘wat’ vraag dient te worden gespecificeerd in functionele eisen. De niet-functionele eisen daarentegen geven een beschrijving van de prestatie, ontwerp voorwaarden (randvoorwaarden), externe interfaces en kwaliteitsattributen¹.

Naast deze classificatie dient er onderscheid te worden gemaakt in zogenaemde vitale eisen en eisen van wensende aard. Aan vitale eisen moet door het systeem volledig worden voldaan, waarbij voor de eisen van wensende aard aan kan worden voldaan wanneer dit inpasbaar is binnen de getelde beperkingen (lees één of meerdere van de hierboven genomen factoren uit de omgeving) (Pohl, 1994; 1997).

Samenvattend kan worden gesteld dat het eerste hoofddoel van RE is het maken van een specificatie. De mate van specificatie, vaag of gedetailleerd, wordt samengevat in de dimensie van specificatie.

Representatie dimensie

De dimensie van representatie betreft de verschillende representaties die worden gebruikt voor het uitdrukken van kennis van het systeem. Hierbinnen kunnen een drietal categorieën worden onderscheiden (Pohl, 1994): (1) informeel, (2) semi-formeel en (3) formeel.

De eerste categorie bevat willekeurige (grafische) weergaven, “natuurlijke talen” en beschrijvingen door voorbeelden. De creativiteit in deze categorie is groot door de mogelijke vrijheid. De tweede categorie bevat representaties als ‘Entity Relationship Diagrams’ (ER-Diagrams) en ‘Structured Analysis and Design Technique’ (SADT-diagram) etc. Deze representaties moeten een duidelijk beeld en overzicht van het systeem geven. Voor de derde

¹ Op de splitsing tussen functionele en niet-functionele eisen zal nader in worden gegaan in paragraaf 3.7.

categorie tot slot, kunnen formele specificatie “talen” worden gebruikt als VDM (the Vienna Definition Language). Ten opzichte van semi-formele representaties, zijn formele representaties semantisch van aard, waardoor meer standaardisatie van het systeem mogelijk wordt (Pohl, 1994; 1997; Hull et al. 2005).

De keuze voor het gebruiken van een bepaalde representatie hangt ten eerste af van de persoonlijke voorkeuren. De systeemgebruiker en systeemontwikkelaar kijken immers vanuit een verschillende perspectieven naar het systeem. Ten tweede hangt het af van het stadium waarin de specificatie zich bevindt. Veelal wordt er gewerkt van informeel naar formeel naarmate het proces vordert. Wanneer verschillende representaties worden gebruikt, moet aandacht worden gegeven aan consistentie tussen dezen (Pohl, 1994; 1997).

Samenvattend kan worden gesteld dat gedurende het RE proces verschillende representaties worden gebruikt. Ten eerste zal aan het begin van het proces de kennis van het systeem worden uitgedrukt in informele representaties, dat zal resulteren in formele representaties. Ten tweede moet de transformatie tussen de verschillende representaties (informeel naar formeel) door het proces mogelijk worden gemaakt. Ten derde moeten de verschillende representaties onderling consistent zijn (Pohl, 1994; 1997).

Dimensie van overeenstemming

De derde dimensie beschrijft de mate van overeenstemming die is bereikt over de specificatie. In het begin van het proces heeft een ieder een eigen perspectief van het systeem. Sommige eisen worden gedeeld door het team, maar de meeste eisen komen voort uit de rollen die de personen vervullen². Betrekking van verschillende perspectieven heeft een positief effect op het RE proces. Hierdoor wordt een goede basis gevormd wanneer de eisen moeten worden geïdentificeerd. Dit draagt bij aan de eis aan eisen van compleetheid (zie paragraaf 3.7.5). Tevens kan het bereiken van overeenstemming ook worden gezien als vroegtijdige validatie; immers wanneer er inbreng is van eisen vanuit verschillende perspectieven, zal het uiteindelijke product ook meer aansluiten bij de wensen en behoeften van de gebruiker. Wanneer tegengestelde behoeften zijn geïdentificeerd, kunnen conflicten worden geïdentificeerd en overeenstemming hierover worden bereikt. Dit betekent dus niet dat alle eisen sowieso worden geïncorporeerd. Door communicatie tussen de partijen moet hier worden uitgekomen (Pohl, 1994; 1997)

Samenvattend kan worden gesteld dat het incorporeren van verschillende perspectieven (belangen) in het RE proces, een positief effect op de specificatie van eisen. Overeenstemming bereiken kan hiermee worden gezien als derde hoofddoel van RE.

² Zie voor een uitgebreide beschrijving van de perspectieven en vervulling van rollen binnen SE, het artikel ‘Twelve systems engineering roles’ van Sheard (1995).

3.4 REPRESENTATIES VAN HET SPECIFICATIEPROCES

Er is een algemene misvatting dat RE slechts een enkele fase beslaat in het product ontwikkelingsproces. RE heeft een vitale rol in elke fase van de life-cycle van het proces (Hull et al., 2005). Over de representatie van het RE proces, zijn echter verschillende interpretaties. Easterbrook (2004) geeft terecht aan dat er niet één beste representatie van een eisen life-cycle is, omdat dit context afhankelijk is voortkomend uit de grote variëteit aan projecten. Vanuit de context van SE, is in de literaire voorstudie voor het onderzoeksvorstel het procesmodel voor het SE proces vastgesteld (zie figuur 38, Bijlage 1). Aangezien de focus van het onderzoek op het voortraject ligt, dient er een gedetailleerdere representatie van het proces te worden gebruikt, die als uitgangspunt dient voor het uiteindelijke procesmodel (zie paragraaf 3.10).

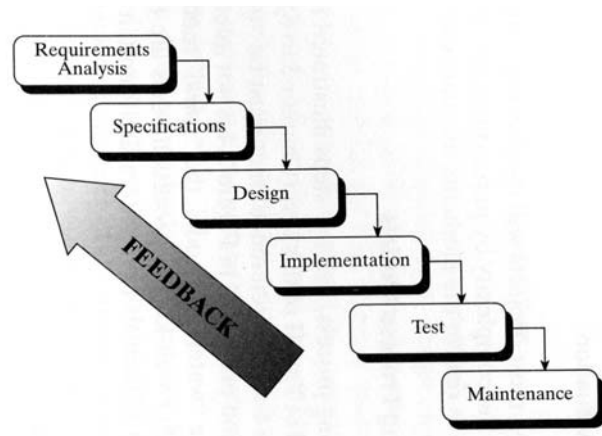
Blanchard (1998) beschrijft drie bekende procesmodellen, namelijk: (1) watervalmodel, (2) spiraalmodel en (3) V-model. Hieronder zullen deze modellen qua eigenschappen kort worden besproken. Het doel hiervan is een representatie te kiezen die zal worden gebruikt voor de beschrijven van het theoretische specificatieproces. Bij de beschrijving van de modellen gaat het om de uitgangspunten waarop de modellen zijn gebaseerd; het doel van deze modellen zijn immers gelijk aan het SE procesmodel, omdat alle representaties de gehele life-cycle beschrijven. Het SE procesmodel is echter te abstract om concrete procesbeschrijving voor de specificatie mogelijk te maken.

Watervalmodel (Royce)

Het watervalmodel (figuur 7) is geïntroduceerd door Royce in 1970, bedoeld voor de ontwikkeling van software. Het watervalmodel is het meest bekende, maar ook het meest simplistische life-cycle model. Oorspronkelijk bestond het model uit vijf fasen, die door Boehm is uitgebreid tot acht. Hierin wordt stapsgewijs het idee gedetailleerd, waarna het systeem wordt getest en geïmplementeerd. Door wijzigingen in (een) fase(n), is revisie van voorgaande fasen noodzakelijk, die kunnen zijn voortgekomen uit onvoorziene problemen. De zwakke punten van dit model liggen met name in de simplistisch ideale benadering, die slechts beperkt geldig zijn door de genomen restrictieve aannames. Het voornaamste uitgangspunt is dat eisen *kunnen* worden beschreven in het begin van het project en vervolgens worden 'bevroren' voor de rest van het project (Easterbrook, 2004).

Reeds is aangegeven dat requirements engineering een dynamisch proces is dat gedurende de gehele ontwikkeling verandering en/of aanvulling benodigd. Het 'bevroren' van eisen is dan ook, in deze tijd, een onrealistische aanname.

Reeds is aangegeven dat requirements engineering een dynamisch proces is dat gedurende de gehele ontwikkeling verandering en/of aanvulling benodigd. Het 'bevroren' van eisen is dan ook, in deze tijd, een onrealistische aanname.



figuur 7 - Watervalmodel (bron: Blanchard, 1998, p. 30)

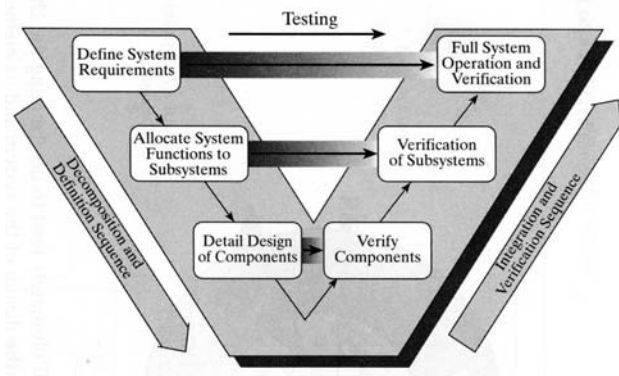
Spiraalmodel (Boehm)

Het spiraalmodel (figuur 8) is door Boehm ontwikkeld in 1989. De intentie van het model is het introduceren van een benadering dat gebaseerd is op risico's voor de ontwikkeling van productsystemen. Het proces verloopt iteratief en doorloopt (repetierend) verschillende fasen, waarin verschillende producten worden gerealiseerd. Hierdoor wordt evaluatie van risico's mogelijk voordat verder wordt gegaan naar een volgende fase (Blanchard, 1998). Door het iteratieve proces 'groeit' de spiraal, waarmee kennis en ervaring kenbaar wordt gemaakt.

Het principe uit het watervalmodel om van behoefte tot detail en uiteindelijk tot implementatie te werken, komt duidelijk terug. Door risicoanalyse wordt een reductie van de risico's mogelijk, alleen is er echter in het proces geen mogelijkheid tot terugkoppeling.



figuur 8 - Spiraalmodel (bron: Blanchard, 1998, p. 31)



figuur 9 - V-model (bron: Blanchard, 1998, p. 31)

V-model (Forsberg & Mooz)

Het V-model (figuur 9) is ontwikkeld door Forsberg & Mooz en beschrijft wat zij noemen “the technical aspects of the project” (Blanchard, 1998). Het model begint met een beschrijving van de behoeften van de gebruiker en eindigt met een tegen de behoeften van de gebruiker gevalideerd systeem. Aan de linkerzijde komt door decompositie van systeem- naar componentniveau het ontwerp tot stand, die aan de rechterzijde van component tot systeemniveau worden geïntegreerd. Hierin staat verificatie en validatie (in figuur ‘testing’) centraal om ervan verzekerd te zijn dat de (sub-)systemen en componenten aansluiten bij de specificaties. Een kenmerkend aspect van deze representatie is de scheiding tussen tijd en mate van abstractie. In het watervalmodel zijn deze eenheden ineengeschoven, waardoor gedurende het proces veel verwarring ontstaat over de mate van detail (Easterbrook, 2004). Wanneer revisie in het watervalmodel nodig is, wordt er een stap terug gedaan en daarmee ook in de tijd. Wanneer echter in het V-model uitvoering van activiteiten op een ander abstractieniveau noodzakelijk is, wordt niet zozeer de voortgang van het project beïnvloed (Easterbrook, 2004).

Kijkend naar de genoemde modellen, zal het principe van het V-model voor het onderzoek worden gebruikt. Een argument hiervoor is de mogelijkheid van het expliciet maken van het decompositieproces. Uit de verkennende voorstudie van het SE domein (zie Bijlage 1), is gebleken dat dit een essentieel aspect is van het SE proces. Tevens is de keuze gebaseerd op de noodzaak om RE gedurende de gehele productontwikkeling te betrekken en niet zozeer te beschouwen als een fase. Het V-model voldoet hieraan, waarbij het de mogelijkheden biedt om de specificatie van eisen gedurende het gehele proces te wijzigen of aan te vullen, zonder dat dit enorme impact heeft op de voortgang van het project.

Wel dient te worden opgemerkt dat de keuze voor het V-model niet betekent dat die ook in deze verschijningsvorm zal worden gebruikt; immers ligt de scope van het onderzoek niet op de gehele life-cycle, maar uitsluitend op het RE proces en het ontwerp. Als variant van het in figuur 9 genoemde V-model, zal een andere uitwerking worden gebruikt op basis van figuur 3, genoemd in paragraaf 2.4.2.

3.5 FASERING VAN HET SPECIFICATIEPROCES

In de vorige paragraaf zijn impliciet keuzes gemaakt voor (abstracte) faseringen die de keuze van het V-model met zich meebrengt (zie figuur 9), namelijk: definiëren systeemspecificatie, alloceren systeemfuncties in subsystemen, detail ontwerp van componenten en verificatie & validatie van het systeem.

Aangezien de keuze voor de fasering een essentiële ontwerpkeuze is, zullen mogelijke faseringen worden bekeken, voordat een definitieve keuze voor de faseringen wordt genomen. Zoals in paragraaf 2.4.2 is aangegeven, zal het proces uitsluitend de specificatie van eisen in interactie met het ontwerp op de verschillende systeemniveaus omvatten. Aangezien de processen van specificeren en ontwerpen op elk niveau gelijk is, zal het ontwerp van de fasering zich richten op de chronologie van activiteiten binnen één niveau.

Wanneer wordt teruggegaan naar de opzet van het onderzoek, dan is gesteld dat het RE proces verloopt in de context van het SE proces. De fasering zal daarom eerst vanuit het SE perspectief worden benaderd.

Binnen organisaties waar SE wordt toegepast, ligt binnen de disciplines veelal de intentie om een (sub)optimaal product te leveren. Hierbij wordt dus niet vanuit de synergetische benadering gedacht dat de som van de delen tezamen meer is dan de som der delen afzonderlijk. Vanuit deze gedachte zou de onderkenning moeten zijn dat de systeemeisen anders (kunnen) zijn dan de eisen die voortkomen uit een discipline en zou als uitdaging in de systeemontwikkeling moeten worden gezien. Werken volgens de SE benadering vraagt daarmee om communicatie tussen de verschillende disciplines, waarbij wordt gestreefd naar een gezamenlijk doel (INCOSE, 2004). De strategie die de SE benadering hanteert om dit gezamenlijke doel te bereiken is gebaseerd op de volgende punten (INCOSE, 2004):

- Begrijpen van een probleem voordat er wordt getracht deze op te lossen;
- Onderzoeken van alternatieve oplossingen;
- Verifiëren van de geselecteerde oplossing correct is voordat met de oplossing wordt verder gegaan.

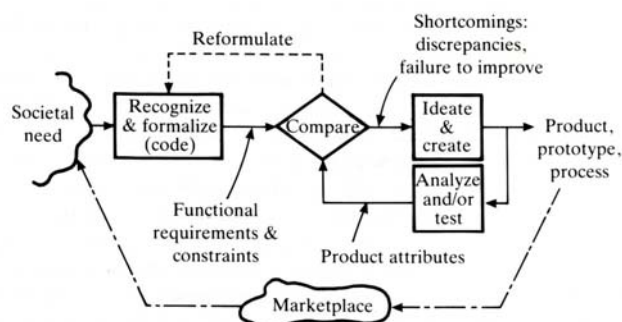
Wanneer deze punten worden omgezet in concrete procestaken, dan kunnen de volgende fasen (chronologisch) worden onderscheiden. Om een goed beeld te krijgen van de verschillende literatuur, zijn de fasen van INCOSE (2004) en Blanchard (1998) naast elkaar gezet; beide vanuit het perspectief van SE.

tabel 2 – Faseringen in SE proces volgens INCOSE (2004) en Blanchard (1998)

| | INCOSE (2004) | Blanchard (1998) |
|----|---|---|
| 1. | Definiëren systeem doelen (gebruikers behoeften); | Indicatie behoefte gebruiker en eisen analyse |
| 2. | Vaststellen functionaliteit (functionele analyse); | Functionele analyse |
| 3. | Vaststellen prestatie-eisen (eisen analyse); | Eisenallocatie |
| 4. | Incrementeel ontwerp en operationele concepten (architectuur synthese); | Trade-off studies |
| 5. | Selecteren baseline (kosten/batenanalyse); | Synthese |
| 6. | Verifiëren baseline aan (gebruikers)eisen; | Evaluatie |
| 7. | Valideren baseline aan behoeften gebruiker; | Productspecificatie |
| 8. | Decompositie proces | Ontwerpreviews en decompositie proces |

Het zou legitiem zijn om vanuit dit perspectief de fasen voor dit onderzoek vast te stellen, omdat dit onderzoek immers wordt uitgevoerd in de context van SE. Het is echter interessant te kijken, of er ook verschil zit in het specificatieproces vanuit een ander perspectief.

In 'The principles of design' door Suh (1990), wordt vanuit een algemener standpunt gekeken naar de fasering, namelijk uitsluitend gericht op het totstandkomen van het ontwerp (zie figuur 10). Een korte toelichting zal hierop worden gegeven.



figuur 10 – De ontwerploop – meer effectieve synthese vereist grotere creativiteit, sterkere analyse en verbeterde onderbouwingen voor besluiten (bron: Wilson in Suh, 1990, p. 27)

Vanuit de behoefte komen functionele eisen tot stand, waarna door ideeën (brainstorm) wordt gekomen tot een product ('ideate & create'). Dit product wordt vervolgens geanalyseerd en geverifieerd aan de functionele eisen ('analyse and/or test'). Wanneer dit product niet volledig voldoet aan de gespecificeerde eisen, dan moet er met een nieuw idee worden gekomen, of wijziging in de functionele eisen om de daadwerkelijke behoefte beter weer te geven.

Wanneer deze procesbeschrijving naast die van de in tabel 2 genoemde fasering wordt gehouden, kan worden geconcludeerd dat deze in hoofdlijnen overeenkomen; details als selectie van een baseline daargelaten.

Samenvattend kan dus worden gesteld dat de fasering van initiatie, specificatie, ontwerp en verificatie & validatie niet alleen in de context van SE wordt gevolgd, maar ook wordt toegepast vanuit een algemener ontwerpperspectief. Kenmerkend voor beide beschrijvingen is de iteratieve aard van het proces. Qua inhoud en chronologie komen de faseringen van het proces dus in hoofdlijnen, vanuit de verschillende perspectieven, overeen.

Op basis van deze theorie, kan worden gekomen tot een voor het specificatieproces te volgen fasering. Echter zou het, terugkomend om de drie dimensies van het RE proces, interessant zijn te weten welke dimensie in welke fase "actief" is, om zo meer inzicht te krijgen in de aard van de betreffende fase. Pohl (1997) heeft in aanvulling op het onderscheiden van de dimensies, taken uit de verschillende fasen van het RE proces aan de dimensies gekoppeld (zie figuur 11).

| Task | Characterization of the Task | Main Influence |
|-------------------------------------|--|--------------------------|
| <i>elicitation</i> | makes knowledge (requirements) about the system explicit and thus leads to a better understanding of the problem (system) | specification dimension |
| <i>negotiation</i> | makes existing conflicts, argumentations and rationales explicit and assures that the "right" decisions are made; establishes an agreement between the various stakeholder | agreement dimension |
| <i>specification/ documentation</i> | deals with the representation of the existing viewpoints in different representation formats; assures consistency and cross-references between the various representation; establishes a (partially) formal requirements specification | representation dimension |
| <i>validation/ verification</i> | assures that the right problem is being tackled at any time in the process; checks the internal consistency of the specification; controls if the specified requirements are consistent with the user/customer intentions | all three dimensions; |

figuur 11 – De vier taken van RE en de voornaamste invloed op de dimensies (bron: Pohl, 1997, p. 26)

In aanvulling op het uitsluitend onderscheiden van de fasen met de taken voor het specificatieproces, zullen ook de dimensies aan de fasen worden gekoppeld (zie tabel 3). De kanttekening die dient te worden gemaakt, is het feit dat figuur 11 uitsluitend over het RE proces gaat, terwijl in tabel 3 tevens het ontwerp is opgenomen. In paragraaf 3.9 zal blijken dat verificatie & validatie niet uitsluitend na het specificatieproces hoeft te komen,

maar ook na het ontwerp kan worden uitgevoerd. Hierdoor wordt het legitiem om toepassing van de dimensies te koppelen aan de faseringen.

tabel 3 – Fasering theoretisch specificatiemodel

| Fase | Taak | Dimensie |
|--------------------------------|---|-------------------------------|
| 1. Identificatiefase | Identificeren behoeften en eisen gebruiker en stakeholders | Specificatie |
| | Overeenstemming bereiken over (conflicterende) eisen | Overeenstemming |
| 2. Specificatiefase | Functionele analyse en specificatie (incl. vaststellen prestatie-eisen) | Representatie |
| 3. Ontwerpfase | Allocatie eisen | Representatie en specificatie |
| | Uitvoeren variantenstudies | |
| | Vaststellen productspecificaties | |
| 4. Verificatie & validatiefase | Verificatie & Validatie | Alle drie |
| 5. (Decompositie) | Afleiden eisen | <i>n.v.t.</i> |

Tot slot dient er voor de duidelijkheid nog een toelichting te worden gegeven op de eerste en de laatste fase. In tegenstelling tot de genoemde dimensie van specificatie voor de taak van identificatie uit figuur 11, is deze voor de fasering aangevuld met de dimensie van overeenstemming. Dit komt voort uit het feit dat onder de identificatiefase niet alleen het identificeren van de eisen wordt verstaan, maar juist ook het overeenkomen van deze eisen met de gebruiker en stakeholders.

Als toelichting op de laatste “fase” dient te worden opgemerkt dat hier geen dimensie aan is toegekend, omdat het afleiden van eisen in principe overeenkomt met de eerste fase. Het wordt dan dus ook niet zozeer als een fase gezien, maar als een stap die cirkel van het proces rond maakt. In de beschrijving van de fasen in de volgende paragrafen zal daarom de “decompositiefase” worden geïntegreerd in de fase van verificatie & validatie.

In de volgende paragrafen 3.6 t/m 3.9, zal ontwerperwijs invulling worden gegeven aan de fasen. Om deze fasen in perspectief en in relatie tot elkaar te zien, zal het model van Jackson (in Katasonov & Sakkinen, 2006) worden gehanteerd. Dit model zal in elke fase van het proces terugkeren.

3.6 FASE 1: IDENTIFICATIEFASE – VAN WENSEN NAAR POTENTIËLE EISEN

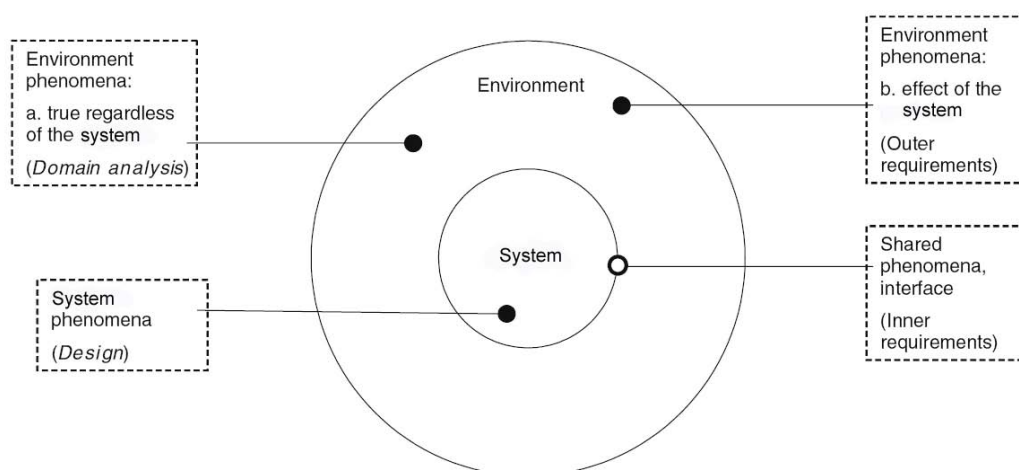
3.6.1 IDENTIFICEREN

Voordat inhoudelijk wordt ingegaan op de identificatiefase, zal de scope worden aangegeven. Het identificeren van gebruikerseisen kan immers ver reiken, dat een studie op zichzelf kan zijn. De identificatiefase zal zich beperken tot het beschrijven van de interactie tussen gebruiker en ontwerper, met als doel inzichtelijk maken welke input voor het RE proces benodigd is. Aanvullend zullen de problemen worden beschreven die voortkomen uit dit samenwerkingsproces, die bruikbaar kunnen zijn voor de praktijkstudie later in dit onderzoek. De invalshoek zal technisch van aard zijn, gericht op de specificatie van eisen; het belang van het sociale aspect wordt onderkend, maar buitenbeschouwing gelaten.

De gebruikerseisen geven het belang van de individuen of groepen weer die het systeem in haar omgeving gaat gebruiken. Deze eisen worden geverifieerd aan de behoeften die de gebruikers hebben voor het systeem (Young, 2004). Hierbij kan de vraag worden gesteld of het niet makkelijker is om de gebruiker geheel niet in het specificatieproces te betrekken. Samenwerken met een partij die relatief weinig (technische) expertise heeft, bemoeilijkt het proces. Het ontwerpproces zal dan inderdaad makkelijker zijn, alleen is het belangrijk om de gebruiker in het proces te betrekken omdat deze het product kan “maken of kraken” (Gause & Weinberg, 1989).

Ter illustratie blijkt uit studie van Gause & Weinberg (1989), dat zeventig procent van de producten (in de vorm van softwaretools) die zijn aangeschaft nooit worden gebruikt. Van deze zeventig procent wordt negentig procent slechts door één of een kleine groep gebruikt, zelfs wanneer deze worden gebruikt binnen een grote organisatie. Om verspilling van geld te voorkomen, moeten de eindgebruikers niet worden buitengesloten. Niet alleen aansluiting van de eisen is nodig, maar ook commitment vanuit de gebruiker is noodzakelijk om het product tot een succes te maken (Gause & Weinberg, 1989). Wanneer niet vanuit deze idealistische visie wordt gedacht, maar puur vanuit opbrengsten, moet de kreet “wie betaalt, bepaald” in gedachten houden.

Helder is geworden dat de gebruiker een centrale rol speelt in de eerste (identificatie)fase. Maar om welke eisen gaat het nu? Veelal heerst de gedachte dat eisen ergens “buiten” bestaan in de gedachten van de opdrachtgever en stakeholders, die alleen van daaruit moeten worden geïdentificeerd. Deze gedachte is echter fout (Katasonov & Sakkinen, 2006). Waarom dit zo is, zal worden toegelicht aan de hand van het onderstaande figuur van Jackson (in Katasonov & Sakkinen, 2006).



figuur 12 – Eisen in het systeem (bron: Jackson in Katasonov & Sakkinen, 2006, p. 44, bewerkt)

Het systeem uit figuur 12 kan worden gezien als het te ontwikkelen product, dat in de omgeving “staat”. Voor deze ontwikkeling van het systeem kunnen de volgende vragen worden gesteld (Katasonov & Sakkinen, 2006):

1. Welk effect op de omgeving is gewenst?
2. Wat moet het gedrag van het systeem zijn op de grens (interface) om dit gewenste effect te bereiken?
3. Wat moet het interne gedrag en de structuur van het systeem zijn, dat leidt tot het gewenste gedrag op de grens?

Bij het beantwoorden van de eerste vraag worden ‘outer requirements’ voor het systeem gespecificeerd. De tweede vraag beantwoordt de ‘inner requirements’, die veelal in het spraakgebruik worden bedoeld. De laatste vraag geeft een antwoord op het ontwerp van het systeem. Hieruit kan worden afgeleid dat het RE domein tweeledig is namelijk: (1) de ‘outer requirements’ identificeren het probleem die door de ‘inner requirements’ moeten worden opgelost en (2) de ‘inner requirements’ die een oplossing geeft om het gewenste effect op de omgeving te bereiken (Katasonov & Sakkinen, 2006).

Wanneer de identificatiefase in deze context wordt gezet, kan worden gesteld dat deze fase antwoord moet geven op de eerste vraag, waarbij de ‘outer requirements’ in kaart moeten worden gebracht. Door Robertson & Robertson (1999) wordt dit ook wel het komen tot potentiële eisen genoemd.

Om antwoord te kunnen geven op deze ‘outer requirements’ is naast domeinkennis ook technische expertise nodig (geldt tevens voor de ‘inner requirements’). Wanneer dus vanuit de gedachte wordt gewerkt dat uitsluitend de klant antwoord kan geven op de twee vragen, heeft het dus mis. Afhankelijk van de professionaliteit van de opdrachtgever, variëren de antwoorden die echter zelden compleet is. Deze dienen dus vanuit het technische perspectief verder te worden ontwikkeld. Tevens moet rekening worden gehouden met het feit dat gaande weg de bewustwording van de opdrachtgever groter wordt naarmate het de ontwikkeling vordert. Veranderingen van eisen zijn dus te verwachten (Katasonov & Sakkinen, 2006).

Concluderend kan dus worden gesteld dat er niet vanuit mag worden gegaan dat de opdrachtgever in staat zal zijn om de ‘outer requirements’ volledig te beantwoorden. Dit vraagt om nauwe interactie tussen de (technisch) ontwerper, de opdrachtgever en stakeholders. Het instandhouden van deze interactie wordt gewaarborgd door verificatie & validatie, waar in paragraaf 3.9 verder op zal worden ingegaan (Katasonov & Sakkinen, 2006).

De identificatiefase zal zich dus richten op het identificeren van het gewenste effect in de vorm van eisen als antwoord op de eerste vraag. Vanuit de rol van de ontwerper zal nu worden gekeken naar de wijze waarop hiertoe kan worden gekomen.

Robertson & Robertson (1999) onderscheiden een drietal soorten eisen die voor de gebruiker kunnen worden geïdentificeerd, namelijk: (1) bewuste eisen, (2) onbewuste eisen en (3) ondenkbare eisen.

Bewuste eisen zijn die eisen die sterk aanwezig zijn in de gedachte van de opdrachtgever. Dit wijst vaak op datgene wat deze wil verbeteren. De onbewuste eisen zijn die eisen die niet worden genoemd, omdat wordt aangenomen dat deze algemeen bekend zijn vanuit de discipline van waaruit zij opereren. Tot slot zijn de ondenkbare eisen, die pas worden gevraagd wanneer wordt gerealiseerd dat deze (technisch) mogelijk zijn. De methoden voor de identificatie van deze verschillende eisen variëren, echter geldt voor de drie categorieën van eisen de noodzaak om alle eisen te inventariseren (Robertson & Robertson, 1999; Katasonov & Sakkinen, 2006).

De wijze waarop tot de identificatie van deze eisen wordt gekomen, bevat een aantal aspecten. Belangrijk is het werk van de opdrachtgever te weten te komen die in de huidige situatie wordt uitgevoerd en de verlangens voor de toekomst te identificeren. Hiervoor moet de context van het werk, het doel van het systeem/ product en de randvoorwaarden voor de oplossingen worden vastgesteld. De ontwerper moet dus de huidige situatie bestuderen en oplossingen bedenken om dat werk anders c.q. beter te kunnen doen (Robertson & Robertson, 1999).

Om de huidige situatie in kaart te brengen, is de meest effectieve manier het maken van een model³ (Robertson & Robertson, 1999). Gedurende het ontwikkelen van het model groeit het inzicht in de huidige situatie. Het model fungeert daarbij ook als belangrijk communicatiemiddel (zie paragraaf 2.4.2), waarbij opdrachtgever en ontwerper het eens dienen te worden (zie paragraaf 3.3, dimensie van overeenstemming). Vanuit het perspectief van de ontwerper is het belangrijk te weten dat bij het ontwikkelen van het model niet moet worden getracht om een geheel nieuw product (op zichzelf staand) te specificeren, maar zich richten op de mechanismen waarop het huidige werk tot stand komt. Deze mechanismen vormen niet de eisen voor het nieuwe systeem, maar door verder te kijken naar de basis waarop deze zijn gebaseerd, wordt gekomen tot de essentie (Robertson & Robertson, 1999). Het ontrafelen van de essentie van een systeem beschrijft de fundamentele reden van het bestaan. Hierbij is het belangrijk de essentie van het probleem te scheiden van de implementatie, om de koppeling tussen eisen en technologie te voorkomen. Hiermee wordt voorkomen dat (per ongeluk) een bestaande technologie wordt toegepast dat geheel niet passend is, maar directe toepassing van een nieuwe technologie verkleint de oplossingsruimte; dit moet worden voorkomen (Robertson & Robertson, 1999).

Tot op heden is uitsluitend van identificatiefase als één fase gesproken. Dat is echter te algemeen en behoeft daarom concreter te worden ingevuld. Kotonya & Sommerville (1998) doen dit, door voor het identificatieproces een viertal doelen te stellen, namelijk:

- Begrip van het applicatiedomein;
- Begrip van het probleem;
- Begrip van de organisatie;
- Begrip van de behoeften en voorwaarden van de stakeholders.

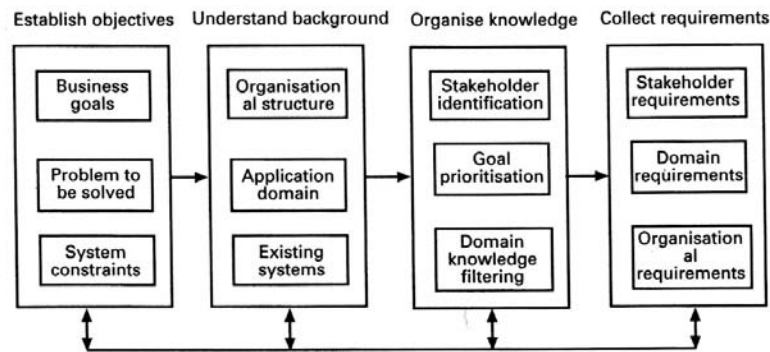
Deze abstracte doelen kunnen worden vertaald naar een viertal activiteiten (Kotonya & Sommerville, 1998):

- Vaststellen doelen – de doelen van de organisatie (van de opdrachtgever) overall moeten worden vastgesteld. Een beschrijving van het probleem dient te worden gegeven en de noodzaak van het systeem en de randvoorwaarden dienen te worden aangegeven.
- Verkrijgen achtergrondkennis – de ontwerpers verzamelen informatie van het systeem. Hieronder vallen informatie over de organisatie waar het systeem wordt gebruikt, informatie over het applicatiedomein van het systeem en informatie van de bestaande systemen die reeds in gebruik zijn of worden vervangen door het systeem.
- Kennis van de organisatie (van de opdrachtgever) – de informatie uit de voorgaande activiteiten moet worden georganiseerd. Dit vraagt om identificatie van de stakeholders en hun rollen en aandeel in het systeem.
- Verzameling eisen (van de stakeholders) – de behoeften en eisen van de stakeholders worden geïdentificeerd. Wanneer in de praktijk over identificatie van eisen wordt gesproken, wordt veelal deze fase bedoeld.

Deze activiteiten zijn samengevat in de generieke procesbeschrijving in figuur 13. Deze zijn chronologisch weergegeven om een leidraad voor het proces te geven. Echter moet worden onderkend dat het proces in de praktijk ongestructureerder en complexer is dan is weergegeven. Deze complexiteit komt voort uit de constante veranderingen door de economische en organisatorische omgeving (Kotonya & Sommerville, 1998).

Concluderend kan worden gesteld dat het identificatieproces tot uiteindelijke doel heeft te komen tot wensen en eisen van de opdrachtgever en stakeholders, dat de aanleiding is voor de ontwikkeling van het systeem. Robertson & Robertson (1999) noemen dit ook wel het komen tot potentiële eisen.

³ In Nuseibeh & Easterbrook (2000) worden nog een vijftal technieken genoemd, hier zal niet verder op worden ingegaan.



figuur 13 – Generiek eisen identificatieproces (bron: Kotonya & Sommerville, 1998, p. 59)

3.6.2 OVEREENSTEMMING

Zoals gesteld komen de potentiële eisen in de identificatiefase, in interactie met de opdrachtgever, stakeholders en ontwerper, tot stand. Dat de behoeften en de eisen van de verschillende actoren zijn geïdentificeerd, betekent nog niet dat hier overeenstemming over is bereikt. Opvallend in de literatuur is dat deze stap in veel procesbeschrijvingen c.q. modellen ontbreekt.

Robertson & Robertson (1999) spreken in deze context over het bereiken van overeenstemming. Kotonya & Sommerville (1998) trekken dit echter verder, door niet uitsluitend van overeenstemming te spreken, maar van onderhandeling.

Kijkend naar de situatie binnen Movares, blijkt de fase van onderhandeling m.b.t. het probleem en de eisen in een eerder stadium plaats te vinden. Onderhandeling in deze context is dus niet gelieerd aan de contractvorming. Voor de procesbeschrijving zal daarom niet worden gesproken van onderhandeling, maar van overeenstemming. Dit sluit aan bij de derde dimensie van Pohl (1994; 1997).

De problemen die in deze stap naar voren zullen komen, zullen uitsluitend sociaal van aard zijn (Pohl, 1994). Ambigüiteit wordt in de hand gewerkt door de verschillende achtergronden van waaruit de actoren opereren. Gause & Weinberg (1989) geven vanuit het sociale perspectief een uitgebreide beschrijving, waarbij ze komen tot een viertal problemen die zouden kunnen zorgen voor ambigüiteit in de eisen, samengevat in de cluster heuristiek. Dit betreffen de volgende punten: (1) observatie- en herinneringsfouten, (2) interpretatiefouten, (3) fouten door de mix van bronnen/oorzaken en (4) effect van menselijke interactie.

Het eerste punt komt voort uit het feit dat van twee personen niet kan worden verwacht dat zij de dingen identiek waarnemen of vasthouden. Het tweede punt van interpretatie komt voort uit de antwoorden die op een bepaalde vraag mogelijk zijn. Zo blijkt uit een experiment naar de vraag hoeveel punten een afbeelding van een ster heeft, uiteenlopende antwoorden van 1 – oneindig te worden gegeven.

De interpretaties komen voort uit het feit dat de vraag op merelei manieren interpreteerbaar is. Zo kan het antwoord van oneindig voortkomen uit de gedachte dat een lijn bestaat uit oneindig veel puntjes. Gause & Weinberg (1989) delen de verschillende interpretaties in, in aparte clusters waarbij het eerste punt van observatie- en herinneringsfouten optreden binnen de clusters. Wanneer er sprake is van ambigüiteit, kunnen op deze wijze de oorzaak worden geïsoleerd en daarmee opgelost in plaats van het kwantificeren van de ambigüiteit in zijn algemeenheid.

De indeling in clusters is gebaseerd op interpretatie en niet zozeer op harde feiten. Hierbij moet ben bedacht zijn op het feit dat een probleem kan voortkomen uit een samenloop van omstandigheden. Het vormen van een cluster kan gebaseerd zijn op verschil in interpretatie, wat wellicht toe te schrijven is aan een herinneringsfout. Daarbij kunnen interpretaties veranderen door menselijk interactie. Door overleg, kunnen dingen helderder worden en daarmee het standpunt worden gewijzigd.

3.6.3 IDENTIFICATIE VAN STAKEHOLDERS

Tot op heden is er uitsluitend gesproken over identificatie van eisen en het bereiken van overeenstemming hierover tussen de partijen. De (contractueel) overheersende partijen zijn de opdrachtgever en de opdrachtnemer. Zoals aangegeven draait het niet alleen om inbreng van kennis en eisen c.q. belangen van deze partijen. Ook de stakeholders maken essentieel onderdeel uit van het proces (Hull et al., 2005). Bij de aanleg van bijvoorbeeld een treinverbinding moet er rekening worden gehouden met belangen van omwonenden, milieuorganisaties, gemeenten etc. De vraag is echter: welke partijen dienen nu wanneer in het proces te worden betrokken? Het begrip 'stakeholder' is immers heel rekbaar. Daarom zal, tevens ter voorbereiding op praktijkstudie, een theoretische onderbouwing worden gegeven op de bovengenoemde vraag. Dit zal leiden tot een framework op basis waarvan op expliciete wijze tot identificatie van stakeholders kan worden gekomen.

Kijkend naar figuur 12, speelt de identificatiefase zich af in interactie met de omgeving. De definitie van SE als een interdisciplinaire aanpak, zoals in Bijlage 1 beschreven, moet daarmee niet uitsluitend worden gezien in relatie tot de opdrachtgever en opdrachtnemer. Ook andere actoren die deel uitmaken van omgeving in relatie tot de domeinanalyse moeten worden betrokken. De overkoepelende naam voor deze actoren zijn stakeholders. Als grondlegger van de stakeholderbenadering, omschrijft Freeman (in Mitchell et al., 1997; Bryson, 2004) een stakeholder als: elke groep of individu die het behalen van de doelen van de organisatie kan beïnvloeden of hierdoor wordt beïnvloed. Deze definitie behoeft nadere invulling om identificatie van stakeholders (praktisch) mogelijk te maken.

Veelal komt de identificatie van stakeholders op ongestructureerde wijze tot stand. Een brainstorm is hier zo'n voorbeeld van (Hull et al., 2005), met als resultaat een lijst van stakeholders die bij het project dienen te worden betrokken. In het kader van dit onderzoek, wordt echter getracht naar een expliciete procesbeschrijving en daarmee een gestructureerde en expliciete wijze waarop tot de identificatie van stakeholders wordt gekomen. Hier voldoet de brainstorm dus niet aan. Daarom zal de literatuur van Mitchell et al. (1997) worden gebruikt, die wel een expliciete wijze beschrijft.

De basis van een expliciete identificatie van stakeholders wordt door Mitchell et al. (1997) gelegd door een analyse te maken van definities van stakeholders in de literatuur. Door vergelijking en sortering zijn hieruit een drietal attributen geëxtraheerd die elk mogelijke stakeholders identificeert en daarmee typeert. Dit betreft de volgende attributen: (1) invloed, (2) legitimiteit en (3) urgentie. Het zou te ver voeren om een onderbouwing te geven van deze attributen; deze is immers reeds in de literatuur (Mitchell et al., 1997) beschreven. Waar dieper op in zal worden gegaan is het geven van betekenis aan deze attributen, waarbij het model zal worden geïntroduceerd aan de hand waarvan de stakeholders kunnen worden geïdentificeerd.

Uitgangspunt in deze beschrijving is de relatie tussen opdrachtgever-opdrachtnemer en de stakeholder(s). Aangezien de opdrachtnemende partij een adviserende rol heeft ten opzichte van de opdrachtgevende partij, wordt aangenomen dat er een collectief streven is naar gemeenschappelijke doelen. Dit brengt met zich mee dat het niet uitmaakt of het nu gaat om de relatie tussen opdrachtgever en de stakeholder, of de relatie tussen de opdrachtnemer en de stakeholder. Immers worden dezelfde doelen nagestreefd.

Attribuut 1: Invloed

Een relatie tussen sociale actoren waarbij een sociale actor (A) een andere sociale actor (B) kan bewegen iets te doen dat actor B anders niet gedaan zou hebben.

Het eerste attribuut omvat de bovenstaande definitie. Het gaat dus om de mate van invloed die een stakeholder kan of wil uitoefenen op in dit geval de opdrachtgever c.q. opdrachtnemer. Praktisch kan dit op een drietal manieren (Mitchell et al., 1997): (1) dwingend (kracht/ bedreiging), (2) utilitair (materiaal/ prikkelend) en (3) normatief (symbolische invloed).

Bij het eerste punt moet worden gedacht aan fysieke invloed in de vorm van sancties. Dit kan bijvoorbeeld, in het extreemste geval, door gebruik van geweld. Het tweede punt heeft

betrekking op goederen en/of services. De macht door het hebben van geld staat hierin centraal. Het laatste punt moet worden gedacht aan prestige.

Attribuut 2: Legitimiteit

Een gegeneraliseerde perceptie of aanname dat acties van een entiteit wenselijk, behoorlijk of gepast zijn binnen de sociale normen, waarden en definities van het systeem.

De bovenstaande definitie van het attribuut van legitimiteit benadrukt "The principle of who or what really counts", dat Freeman in de gelijknamige titel van zijn boek centraal stelt. Het attribuut is gebaseerd op een drietal punten, namelijk (Mitchell et al., 1997): (1) individu, (2) organisationeel en (3) sociaal. Hiermee wordt benadrukt dat legitimiteit een wenselijk sociaal goed is en meer is dan uitsluitend zelfperceptie.

Attribuut 3: Urgentie

De mate waarin de stakeholder onmiddellijke aandacht claimt.

Aandacht uit de bovenstaande definitie van het attribuut van urgentie dient breed te worden opgevat. Synoniemen voor deze context zijn (Mitchell et al., 1997): meeslepend, onontkoombaar en stuwend. Deze context is gebaseerd op een tweetal punten, namelijk (Mitchell et al., 1997):

1. Tijdsgevoeligheid – de mate waarin bestuurlijke vertraging zorgt voor een claim of relatie die onaanvaardbaar is voor de stakeholder;
2. Kritikaliteit – de belangrijkheid van de claim of relatie voor de stakeholder.

Kijkend naar de tijdsgevoeligheid, wordt door Mitchell et al. (1997) aangegeven dat urgent niet afdoende is voor het identificeren van de claim van de stakeholder. In aanvulling hierop moet de relatie als kritiek worden aangemerkt of heel belangrijk. Hierbij kan worden gedacht aan de volgende voorbeelden (Mitchell et al., 1997):

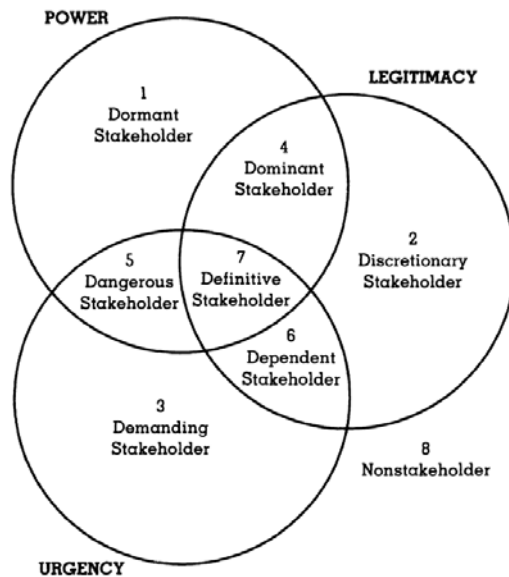
- Eigendom – bezit van de stakeholder in organisatiespecifieke onderdelen, waardoor de organisatie wordt gedwongen mee te gaan om waardeverlies te voorkomen;
- Sentiment – in geval van onderdelen die generatie op generatie binnen families aan elkaar zijn overgedragen is de ontwikkeling van het kapitaal ondergeschikt;
- Verwachting – de anticipatie van de stakeholder waarbij wordt gekeken naar opbrengsten die naar verwachting groot zullen zijn;
- Bekendmaking – de waarde die de stakeholder hecht aan het risico van publiciteit in relatie tot de organisatie.

In het bovenstaande is de context geschetst van de drie attributen, die elk gericht is op een specifiek aspect. Om te komen tot een stakeholder typologie, dienen deze attributen in samenhang te worden gezien. De attributen belichten immers een (ander) specifiek aspect, maar vormen tezamen een synergetisch geheel dat moet zorgen voor identificatie voor alle mogelijke stakeholders. Mitchell et al. (1997) onderscheiden een drietal karakteristieken voor het geheel aan attributen, namelijk:

1. Stakeholder attributen zijn variabel en daarmee dynamisch;
2. Stakeholder attributen zijn een sociale voorstelling en daarmee geen objectieve weergave van de werkelijkheid;
3. Bewustwording van het feit dat stakeholders niet bewust hoeven zijn van één of meerdere attributen die zijn hebben, of kiezen daar niet expliciet naar te handelen.

Nu de gehele context voor de identificatie van de stakeholders is geschetst, kan het model worden geïntroduceerd aan de hand waarvan een stakeholder typologie kan worden gemaakt, weergegeven in figuur 14.

Centraal in het model staan de drie attributen van invloed, legitimiteit en urgentie. Door samenvoeging van de attributen zijn combinaties mogelijk waarbij één, twee of drie attributen als typologie van een stakeholder aanwezig zijn. Kijkend naar het figuur, kunnen deze worden categoriseerd in respectievelijk de nummers 1-3, 4-6 en 7.



figuur 14 – Stakeholder typologie (Mitchell et al., 1997, p. 874)

De eerste categorie wordt ook wel aangeduid als potentiële stakeholders, waarbinnen de onzichtbare, discretionaire en vragende stakeholders worden onderscheiden. De onzichtbare groep wordt onderscheiden door uitsluitend het attribuut van invloed. Deze stakeholders hebben geen of nauwelijks interactie met de organisatie. Echter door potentie voor het verwerven van een tweede attribuut moet bewustwording zijn dat de belangrijkheid van deze groep groter zal gaan worden.

De discretionaire stakeholders bezitten uitsluitend legitimiteit, die gerelateerd is aan sociale verantwoordelijkheid. Door het ontbreken van de attributen van invloed en urgentie, wordt er geen druk uitgeoefend op de opdrachtgever c.q. opdrachtnemer.

Als laatste groep binnen deze categorie, kunnen de zogenoemde vragende stakeholders worden geïdentificeerd. Door het ontbreken van invloed en legitimiteit wordt deze groep ook wel hinderlijk ervaren, echter niet als gevaarlijk.

De tweede categorie wordt gekarakteriseerd als de verwachtende stakeholders. Kenmerkend voor deze groep is dat deze over twee (willekeurige) attributen beschikken. Als eerste groep binnen deze categorie kan de dominante stakeholder worden onderscheiden. Door een combinatie van invloed en legitimiteit, door deze combinatie blijft het vanuit de stakeholder zijde niet bij intenties, maar is acteren in de vorm van claims mogelijk. Aangenomen wordt dat er sprake is van een formeel mechanisme, wat de belangrijkheid van de relatie benadrukt.

De afhankelijke groep wordt geformeerd door een combinatie van legitimiteit en urgentie. Doordat de invloed mist, is deze groep afhankelijk van andere stakeholders om daadkracht te kunnen tonen.

De laatste groep wordt gekarakteriseerd als gevaarlijk. Door aanwezigheid van invloed en urgentie, gaat er dwang van deze groep uit. Dit kan zelfs doorslaan in gewelddadig.

Als laatste categorie, kan de gezaghebbende stakeholder worden onderscheiden. Dit komt voort uit de aanwezigheid van alle drie de attributen. Naast de mogelijkheid dat een stakeholder reeds over alle drie de attributen beschikt, komt het het meest voor dat een dominante stakeholder (4) een gezaghebbende stakeholder wordt.

Om het geheel van identificatie compleet te maken, wordt er naast deze categorie ook nog een aparte groep onderscheiden (8), die wordt aangemerkt als een niet-stakeholder. Hiervan is dus sprake wanneer na analyse blijkt dat een stakeholder over geen van de genoemde attributen beschikt.

3.7 FASE 2: SPECIFICATIEFASE – VAN POTENTIËLE NAAR FORMELE EISEN

De vorige fase is afgesloten met potentiële eisen, die als input zullen dienen voor deze fase, de specificatiefase. Zoals de titel al aangeeft, is het doel te komen tot formele eisen. Op de typen eisen zal in deze paragraaf nader worden ingegaan, waarbij tot slot aandacht zal worden besteed aan de eisen die aan deze eisen moeten worden gesteld. Om de specificatiefase in de context van het model van Jackson (zie figuur 12) te zien, zal hiertoe eerst op in worden gegaan.

In aanvulling op de ‘outer requirements’ die in de vorige fase in kaart zijn gebracht, zal in deze fase de focus liggen op de ‘inner requirements’, met als doel het beantwoorden van de vraag: *wat moet het gedrag van het systeem zijn op de grens (interface) met de omgeving om het gewenste effect op de omgeving te bereiken?*

Om antwoord te kunnen geven op deze vraag is een oplossing nodig in de vorm van een beschrijving van het gedrag. De ‘inner requirements’ zullen daardoor niet zozeer probleemspecificerend, maar probleemoplossend proces zijn (Katasonov & Sakkinen, 2006). Dit is in tegenspraak met het probleem- en oplossingsdomein dat in paragraaf 3.2 is genoemd, waarbij de eisen tot het probleemdomein worden gerekend. Dit echter ogenschijnlijk zo, gezien het feit dat toen de scheiding is gemaakt op basis van oplossingen in fysieke zin. Wanneer in deze context over oplossingen wordt gesproken, wordt dus in het model van Jackson (Katasonov & Sakkinen, 2006) antwoord gegeven op de derde vraag en dus niet op de tweede vraag.

Om onduidelijkheid te vermijden, zal daarom onderscheid worden gemaakt tussen het functionele en fysieke oplossingsdomein. In de context van paragraaf 3.2, behoort het functionele oplossingsdomein dus tot het probleemdomein.

Om antwoord te kunnen geven op de tweede vraag, is er nauwe interactie nodig tussen de opdrachtgever en de ontwerper, waarbij inbreng is van zowel domein als technische kennis. Dit heeft tot doel te komen tot formele eisen, die worden vastgelegd in een specificatie. Hierdoor wordt er gekomen van geïdentificeerde wensen en/of eisen, naar verifieerbare functionele eisen die de behoeften van de gebruiker en stakeholders weergeven. Deze eisen zullen leidend zijn voor de verdere ontwikkeling van het product (Blanchard, 1998; INCOSE, 2004).

Specifieker kijkend naar de eisen, kunnen deze worden ingedeeld in een tweetal categorieën (Robertson & Robertson, 1999; Pohl, 1997): (1) functionele eisen en (2) niet-functionele eisen.

De functionele eisen geven weer ‘wat’ het systeem moet doen, de niet-functionele eisen geven de eigenschappen van het systeem weer. Deze tezamen vormen dus de specificatie voor het te ontwerpen systeem. Naast deze categorieën, kan er ook een derde categorie worden onderscheiden, namelijk ‘randvoorwaarden’. Deze categorie dient los te worden gezien van deze fase. Aangezien de randvoorwaarden directe betrekking hebben op de specificatie van eisen, zal deze als aparte categorie worden besproken.

3.7.1 FUNCTIONELE EISEN

Functionele eisen zijn een belangrijke categorie binnen het specificatieproces. Deze beschrijven ‘wat’ het systeem moet doen en worden ook wel *gedrags* of operationele eisen genoemd, omdat de input (stimuli) voor het systeem en de output (respons) van het systeem met de gedragsrelaties tussen deze worden gespecificeerd (Young, 2004). Kotonya & Sommerville (1996) stellen dat functionele eisen de aard van de interactie tussen de componenten en de *omgeving* vastlegt. Robertson & Robertson (1999) stellen het simpeler dat functionele eisen relateren aan de *acties* die moeten worden uitgevoerd om de fundamentele redenen van bestaan te vervullen.

Deze definities analyserend, specifiek kijkend naar de geursiveerde woorden, kan worden gesteld dat de definities kunnen worden samengevat in de tweede vraag van Jackson (in Katasonov & Sakkinen, 2006): wat moet het **gedrag** van het systeem zijn op de grens (interface) om het gewenste **effect** (als resultaat van de actie) op de **omgeving** te bereiken?

Om het concreter te maken, kan worden gesteld dat functionele eisen zijn (Robertson & Robertson, 1999):

- Specificaties van de functionaliteit van het product;
- Acties die door het product moeten worden uitgevoerd;
- Afgeleide eisen van het fundamentele doel (lees: reden van bestaan) van het product;
- (Niet gerelateerd aan het begrip 'kwaliteit').

Omdat moet worden beperkt tot antwoord op de 'wat' vraag, is definiëring van functionele eisen niet gemakkelijk; de eigenschappen van het systeem vallen hier dus buiten! De simpele vraag die dit dan ook kan oproepen: waarom dient de eis in de vorm van een functie te worden vastgelegd? Oftewel, wat is de functie van een functie?

Een functie geeft de mogelijkheid om vanuit het perspectief van de opdrachtgever, op een consistente wijze een definitie te geven waartoe het uiteindelijke ontwerp moet leiden. Een functie wordt dan ook uitgedrukt in (uitsluitend) een werkwoord en een zelfstandig naamwoord (zie voorbeelden). Tevens is de toetsing, dus het meetbaar maken van de kwaliteit van functies relatief gemakkelijk. Hierop zal nader worden ingegaan in paragraaf 3.7.4 en 3.9.3.

- ① Voorbeelden:
1. Aandrijven van de wielen (motor);
 2. Vervoeren van personen per spoor (trein);
 3. Verwerken van data (processor).

De potentiële eisen dienen dus te worden getransformeerd naar functionele eisen. De wijze waarop tot functionele eisen wordt gekomen, is afhankelijk van de representatie van de potentiële eisen. Er zijn immers verschillende technieken mogelijk. Een handig hulpmiddel hierbij is het gebruik van de specificatieboom. Hierdoor is het mogelijk om de samenhang tussen de eisen weer te geven en te structureren, ook in relatie tot andere niveaus (Ministerie V&W, 2005).

Veelal heerst de veronderstelling dat functionele eisen gelijk kunnen worden gesteld met technische eisen. Dit is echter onjuist. De technische eisen, weergegeven in technische specificaties, maken deel uit van het ontwerp en daarmee de oplossing. Middels deze eisen wordt antwoord gegeven op de 'hoe' vraag. Zoals reeds gesteld, beperken de functionele eisen zich echter tot beantwoording van de 'wat' vraag. Dat technische eisen nauw samenhangen met functionele eisen is een feit, maar dienen strikt gescheiden te worden gehouden (zie paragraaf 3.2 en 3.6.1).

Een ander veel gemaakte fout, is de integratie van functionele en niet-functionele eisen. Hierdoor wordt (te vroeg) een koppeling gemaakt naar de eigenschappen van het systeem, waardoor de focus van de reden van bestaan verdwijnt. Op de niet-functionele eisen zal in de volgende paragraaf nader worden ingegaan.

Tot slot moet bij het opstellen van de functionele eisen er voor worden gewaakt, dat de eisen niet een te grote mate van detail hebben. Op systeemniveau moeten de eisen voldoende functionaliteit (in de vorm van eisen) bevatten om bruikbaar te zijn (Robertson & Robertson, 1999). De mate van detail zal toenemen naarmate het abstractieniveau, door het afleiden van eisen van het ontwerp op het betreffende niveau, zal afnemen.

Wanneer is gekomen tot de functionele eisen, geven deze wel antwoord op de vraag 'wat' het systeem moet doen, maar zijn uiteenlopend van aard. Het opnemen van de functie van een 'comfortabel klimaat' heeft niets van doen met de bestaansfunctie, maar wordt wel opgenomen als functionele eis. Hoe wordt nu duidelijk, wanneer bijvoorbeeld uit een voorlopige raming een kostenoverschrijding blijkt, welke functies moeten worden behouden en welke niet?

Zoals in paragraaf 3.6.1 is aangegeven, is er immers sprake van bewuste, onbewuste en ondenkbare eisen. De laatste categorie zou dus kunnen worden gezien als een 'luxe' en zijn dus niet direct gerelateerd aan de bestaansfunctie van het systeem. Om een onderverdeling te maken, dient een zijstap te worden gemaakt naar het domein van 'value engineering'.

Value engineering is een functiegeoriënteerde en systematische benadering die wordt gebruikt om de waarde van een product (voor de gebruiker) te vergroten. Het is een methodologie voor het oplossen van problemen en/of het reduceren van kosten, waarbij de

prestatie-kwaliteit verhouding gelijk blijft of wordt vergroot. Door de karakteristieken van waarde te identificeren, wordt tegemoet gekomen aan de wensen van de klant en de toegevoegde waarde vergroot (Lindstedt & Burenus, 2003).

Vanuit deze gedachte van waardecreatie, kunnen de functionele eisen in een viertal groepen worden gecategoriseerd, namelijk (Lindstedt & Burenus, 2003): (1) basis functies, (2) additionele functies, (3) support functies en (4) ongewenste functies. In tabel 4 zijn deze uitgewerkt.

tabel 4 – Functionele categorieën (bron: op basis van Lindstedt & Burenus, 2003)

| | Functionele categorieën | Voorbeeld |
|----|---|--|
| 1. | Basis functies: moeten door het product worden voortgebracht, vanuit het perspectief van de klant. Er is echter altijd een limiet bij de gebruiker die deze bereid is om te betalen. | Een auto moet <i>mensen transporteren</i> . |
| 2. | Additionele functies: dragen bij aan een toenemende waarde van een product wanneer de voordelen door de gebruiker hoger worden gewaardeerd dan de kosten die het met zich meebrengt. | De airconditioning geeft een <i>comfortabel klimaat</i> . |
| 3. | Support functies: moeten worden uitgevoerd om tekortkomingen door de gekozen technologie te compenseren en worden niet geassocieerd met een voordeel. Zijn tevens geen bron van irritatie en creëert geen nadelen. | De radiator <i>reduceert de temperatuur van de motor</i> . |
| 4. | Ongewenste functies: veroorzaken nadelige gevolgen voor het product, gebruiker of omgeving. Zijn een bron van ergernis en creëren nadelen. | De auto <i>stoot uitlaatgassen uit</i> . |

Wanneer functionele eisen worden geformuleerd is te veronderstellen dat dit geen support en/of ongewenste functies zullen zijn; deze kunnen immers niet voorkomen uit een behoefte en/of eis waar de opdrachtgever voor wil betalen. Zoals uit de voorbeelden uit tabel 4 blijkt, komen de laatste deze functies dan ook niet voort uit de behoefte van de opdrachtgever, maar uit de keuze van de functievervullers ter realisatie van de basis en additionele functies. Hieruit kan worden geconcludeerd, dat de onderverdeling die voor de functionele eisen kan worden gemaakt, uitsluitend bestaat uit de categorieën van basis en additionele functies. De twee andere categorieën zijn echter niet overbodig, integendeel. Op de meerwaarde van deze functies zal in paragraaf 3.8.2 nader worden ingegaan.

3.7.2

NIET-FUNCTIONELE EISEN

Niet-functionele eisen worden door Young (2004) omschreven als eisen die de eigenschappen van het systeem specificeren, zoals betrouwbaarheid en veiligheid. Ook wel bekend als kwaliteitseisen, zijn niet-functionele eisen moeilijk uit te drukken op een meetbare manier. Kenmerkend aan niet-functionele eisen, is de beperking van de oplossingsruimte (Kotonya & Sommerville, 1996).

Robertson & Robertson (1999) omschrijven niet-functionele eisen als die eisen die een systeem moet hebben om datgene wat het moet doen (reden van bestaan), mogelijk te maken. Hierbij wordt dus niet de functionaliteit van het product veranderd, maar een toevoeging gedaan om het product beter bruikbaar, veiliger, interactiever etc. te maken.

Kijkend naar de definitie van niet-functionele eisen, kan worden gesteld dat deze categorie een significant onderdeel uitmaakt van de specificatie. Om hier meer structuur in te brengen, kunnen deze worden onderverdeeld in een achttal groepen (Robertson & Robertson, 1999):

1. Uiterlijk en gevoelseisen – het karakter van het product als verschijningsvorm;
2. Bruikbaarheidseisen – het gebruikersgemak en kenmerk voor de bruikbaarheid;
3. Prestatie-eisen – hoe snel, hoe veilig, hoeveel, hoe accuraat de functionaliteit moet zijn;
4. Operationele eisen – de eisen en overwegingen t.a.v. de omgeving waarin het product fungeert en voor is gemaakt;
5. Onderhoudbaarheid- en vervangbaarheidseisen – de verwachte veranderingen in de zin van onderhoud en de tijd die daarmee gemoeid is;
6. Veiligheidseisen – de veiligheid en betrouwbaarheid van het product;
7. Culturele en politieke eisen – speciale eisen die voortkomen uit de personen die betrokken zijn bij de ontwikkeling en operationalisatie van het product;
8. Wettelijke eisen – wetten en standaarden die vigerend zijn voor het product.

- ① Voorbeelden:
1. Accelereren van 0 – 100 km/h in 6,2 sec.;
 2. In 30 min. personen van Lelystad – Zwolle vervoeren;
 3. De treinstellen moeten geel en blauw zijn, overeenkomend met de kleur van het logo van de NS.

Uit de bovengenoemde groepen, zijn de welbekende RAMS-eisen (Reliability, Availability, Maintenance en Safety) af te leiden.

Op deze eisen zal niet verder worden ingegaan, gezien het feit dat het accent van het onderzoek ligt op de functionele eisen. Deze groep dient echter in de modellering niet buiten beschouwing te worden gelaten, gezien het feit dat deze categorie, naast de functionele eisen, een essentieel onderdeel van de systeemspecificatie vormt.

3.7.3 RANDVOORWAARDEN

De randvoorwaarden zijn de factoren die toepassing hebben op het gehele systeem/ product. Het product moet binnen deze randvoorwaarden worden gerealiseerd, die voor aanvang van het specificatieproces bekend zijn, maar ook pas gedurende het specificatieproces verplicht kunnen worden gesteld. Het gaat dus niet zozeer om factoren waar de gebruikers, stakeholders en/of ontwerper invloed op hebben, maar om omgelegde eisen vanuit de omgeving. Deze eisen kunnen op geen andere wijze worden ondervangen door ze op te nemen als randvoorwaarden. Het kan zijn dat deze eisen dusdanig duur op beperkend zijn, dat het gewenst is deze ter discussie te stellen bij de instantie die ze wil opleggen. De randvoorwaarden worden wel benoemd in de specificaties, met dien verstande dat er geen afgeleide eisen zijn en dus uitsluitend worden doorvertaald naar lagere niveaus (Ministerie V&W, 2005).

3.7.4 FIT CRITERIA

Om validatie mogelijk te maken, waar in paragraaf 3.9 op in zal worden gegaan, dienen in deze fase al de fit criteria te worden vastgesteld. Met het begrip 'fit' wordt bedoeld dat de oplossing volledig voldoet aan de eis. Het stellen van een fit criterium is dus nodig om te controleren dat het systeem daadwerkelijk de functie vervuld die het zou moeten vervullen. Het kan dus worden gezien als een benchmark die kwalificatie mogelijk maakt (Robertson & Robertson, 1999).

In het voorgaande zijn de verschillende categorieën van eisen besproken. Specifiek kijkend naar functionele en niet-functionele eisen, verschilt de kwalificering van deze categorieën. Dit verschil zit in het volgende. Neem als voorbeeld eisen m.b.t. beschikbaarheid uit de categorie niet-functionele eisen. Door de omgeving of andere omstandigheden is het voldoen aan de eisen niet voor honderd procent te garanderen. Daarom is een tolerantie benodigd om een haalbare kwantificering mogelijk te maken. Functionele eisen daarentegen, behoeven geen tolerantie. Zoals is gebleken zijn functionele eisen iets wat het product *moet* doen in de vorm van een actie. Het fit criterium voor functionele eisen specificeert dus 'hoe' te weten wordt gekomen of de actie wordt vervuld door het systeem. Er is dus sprake van wel of geen uitvoering van de actie (Robertson & Robertson, 1999)

Een belangrijk aspect in het opstellen van fit criteria, is het opstellen van een begrippenkader. Door definitie van de termen die in de fit criteria worden genoemd, wordt voorkomen dat bij de toetsing verschil van interpretatie ontstaat. In het onderstaande voorbeeld wordt dit toegelicht (Robertson & Robertson, 1999).

| | |
|---|--|
| <p>① Voorbeeld (bron: Robertson & Robertson, 1999):</p> | <p>Functionele eis: het product moet de gegevens van het weerstation registreren;</p> <p>Fit criteria: de geregistreeerde gegevens van het weerstation moeten overeenkomen met de gegevens die door het weerstation zijn verstuurd;</p> <p>Definitie begrip: 'gegevens van het weerstation'</p> |
|---|--|

3.7.5

EISEN AAN EISEN

De formulering van eisen brengt veelal complicaties met zich mee. Voordat zal worden ingegaan op praktische eisen voor eisen, zullen eerst veel voorkomende problemen worden besproken.

Ten eerste worden eisen veelal niet expliciet gespecificeerd, met betrekking tot causaliteit. Daarom dient er een strikte scheiding te worden gemaakt tussen uitdrukkingen van indicatieve en wenselijke aard (Katasonov & Sakkinen, 2006). Het eerst genoemde moet de dingen specificeren die zijn gebaseerd op de omgeving, onafhankelijk van het product. Het laatst genoemde specificeert dingen die het product zou moeten doen of veroorzaken. In de praktijk wordt deze scheiding veelal niet gemaakt en wordt volstaan met het overkoepelende begrip 'eisen'.

Een tweede veel voorkomend probleem, is de mix van onderdelen tussen het ontwerp & het eisendomein (zie paragraaf 3.6.1). Een reden voor deze problemen kan het geloof zijn dat eisen meer abstract en weinig gedetailleerd zijn dan het ontwerp van het systeem. Eisen zijn niet abstracter dan het ontwerp in de zin dat deze ook concrete fenomenen beschrijven. Het daadwerkelijke verschil is dat eisen het gedrag van het product op de interface met de omgeving beschrijft, terwijl het ontwerp de interne structuur en gedrag van het product beschrijft (Katasonov & Sakkinen, 2006).

Zoals uit het voorgaande is gebleken, dat fouten qua formulering snel zijn gemaakt. Maar hoe kan dit nu worden voorkomen?

Wanneer de literatuur wordt bekeken, dan komen de criteria in grote lijnen met elkaar overeen, maar verschillen echter in de details. Daarom zijn de hoofdpunten hieronder genoemd, waarbij de dubbelingen zijn verwijderd. De volgende hoofdpunten kunnen worden onderscheiden (Hull et al., 2005; Katasonov & Sakkinen, 2006; Ministerie V&W, 2005, Eijbersen et al., 2004):

- Compleet: elke uitdrukking heeft een enkel traceerbaar element;
- Uniek: elke uitdrukking kan door uniekheid worden geïdentificeerd;
- Haalbaar: technisch mogelijk binnen kosten en tijd;
- Legaal: wettelijk mogelijk;
- Ondubbelzinnig: elke uitdrukking is duidelijk en niet voor merelei interpretaties vatbaar;
- Precies/ correct: elke uitdrukking is precies en bondig;
- Verifieerbaar: elke uitdrukking is verifieerbaar en is bekend op welke wijze;
- Noodzakelijk: elke uitdrukking moet noodzakelijk zijn voor de ontwikkeling;
- Beknopt: eisen moeten bondig worden geformuleerd;
- Marges: variaties moeten zijn aangegeven;
- Oplossingsvrij: geeft geen oplossing voor het ontwerp voor een lager (decompositie)niveau.

Om meer in detail te gaan, geeft Eijbersen (2004) een categorisering voor de eisen aan eisen, opgedeeld in een viertal categorieën, namelijk: (1) inhoud, (2) vorm, (3) context en (4)

naspeurbaarheid. Deze categorisering is opgenomen in Bijlage 2. Hierin zijn zowel de hoofdpunten, als de details verwerkt.

De bovengenoemde opsomming geeft alle eisen aan de eisen weer. Een echter veelgehoorde kreet is het acroniem 'SMART'. Aangezien deze veel wordt gebruikt, afgezien van het feit dat deze niet compleet is kijkend naar de bovengenoemde opsomming, zal de betekenis voor de volledigheid worden genoemd, namelijk (Ministerie V&W, 2005):

- Specifiek, helder, ondubbelzinnig, nauwkeurig, volledig;
- Meetbaar, verifieerbaar;
- Acceptabel voor de klant en opdrachtgever;
- Realistisch, haalbaar;
- Toleranties dienen aangegeven te zijn.

In toevoeging op de eisen aan de eisen *an sich*, kunnen er ook eisen worden gesteld aan de specificaties zoals beschreven in paragraaf 3.2. Hiervoor kunnen de volgende criteria worden onderscheiden (Hull et al., 2005):

- Compleet: alle eisen zijn aanwezig;
- Consistent: geen eisen zijn in conflict;
- Traceerbaar: alle eisen zijn te herleiden;
- Niet-redundant: elke eis is één keer aanwezig;
- Modulair: uitdrukkingen van eisen die bij elkaar horen, moeten worden gegroepeerd;
- Gestructureerd: er is een duidelijke structuur in het eisendocument;
- Voldoen: de gewenste mate van traceerbaarheid is gehaald;
- Gekwalificeerd: de gewenste mate van traceerbaarheid is behaald.

Deze criteria zullen in de specificatiefase van belang zijn voor de formulering van eisen, maar tevens ook als checklist voor de validatie van de eisen (zie 3.9.2).

3.8 FASE 3: ONTWERPFASE – VAN FORMELE EISEN NAAR ONTWERP

Een ontwerp kan worden gedefinieerd als de creatie van samengestelde oplossingen in de vorm van een product, proces of systeem dat voldoet aan de geïdentificeerde behoefte door de allocatie van ontwerpparameters uit het fysieke domein, aan de functionele eisen in het functionele domein (Suh, 1990). In aanvulling hierop, hangt het ontwerp af van het individuele creatieve proces van de ontwerper, zo stelt Suh (1990). Hierdoor zijn oneindig plausibele ontwerpoplossingen denkbaar. Doordat er “goede” en “mindere” ontwerpers zijn, varieert de kwaliteit van het ontwerp; immers de één is creatiever dan de ander.

Uit het voorgaande wordt duidelijk dat Suh (1990) een sociaal humanistisch denkbeeld hanteert. Voor de beschrijving van het theoretische specificatieproces wordt echter gestreefd naar een expliciet, voor de organisatie van Movares toepasbaar, specificatieproces. Om een expliciet ontwerp te kunnen maken, zal deze daarom cognitief van aard zijn. Uiteraard blijft een ontwerp een creatief proces, alleen wordt in dit onderzoek getracht om dit zoveel mogelijk methodisch te beschrijven.

In deze paragraaf zal worden gekomen tot een ontwerparchitectuur dat het framework zal vormen voor de beschrijving van het proces dat betrekking heeft op het ontwerp. Om een onderbouwing voor de architectuur te kunnen geven en überhaupt te kunnen ontwerpen, is de literatuur benodigd. Dit heeft invulling gekregen door ontwerpprincipes, die allereerst zullen worden besproken.

3.8.1 ONTWERPPRINCIPES

Suh (1990) introduceert een tweetal axioma's⁴ die als basis dienen voor een goed ontwerp, namelijk: (1) het onafhankelijkheids axiome en (2) het informatie axiome. In het eerste axiome gaat het om het behouden van de onafhankelijkheid van de functionele eisen gedurende het ontwerp. Een fysiek product moet daarmee dus niet een tweetal functies vervullen. Het tweede axiome is erop gericht de complexiteit van het ontwerp te reduceren door te stellen dat het fysieke product met het minste informatiegehalte de beste oplossing is.

Fricke & Schulz (2005) introduceren, in tegenstelling tot Suh (1990), een drietal principes: (1) simpliciteit/idealiteit, (2) onafhankelijkheid en (3) modulariteit. Het eerste principe heeft tot doel tot het reduceren van de systeem complexiteit, overeenkomend met het tweede axiome van Suh (1990), echter afgeleid van 'The Basic Pattern of Evolution' in TRIZ⁵ (Theory on Inventive Problem Solving). Het tweede principe is afgeleid van het eerste axiome van Suh (1990), waarbij het gaat om het minimaliseren van de impact van het veranderen van functievervullers (daar design parameters genoemd). Het derde (nieuwe) principe, is voor het bouwen van de ontwerparchitectuur erop gericht de systeemfuncties te clusteren in modules.

Concluderend kan worden gesteld dat de principes van Fricke & Schulz (2005) de axioma's van Suh (1990) dekken, met dien verstande dat er een derde principe van modulariteit aan wordt toegevoegd. Daarom is gekozen om in het verdere betoog de principes van Fricke & Schulz (2005) aan te houden, die hierna verder zullen worden toegelicht.

Ontwerpprincipe 1: Simpliciteit/ idealiteit

Zoals reeds gesteld, is dit principe gebaseerd op het reduceren van de complexiteit van het systeem. Idealiteit wordt in deze context gedefinieerd als de ratio van de som van de bruikbare functies binnen een systeem tegen de som van ongewenste effecten (Fricke & Schulz, 2005). Gebaseerd op dit principe, bestaat een ideaal systeem alleen uit bruikbare functies, die kunnen worden geïnterpreteerd als kleine elementen met een minimum aan interfaces in de architectuur. Hierbij gaat het om het zogenoemde 'design streamlining', dat gebaseerd is op de volgende punten (Altschuller in Fricke & Schulz, 2005):

⁴ Axioma's kunnen worden gedefinieerd als fundamentele waarheden die door observatie altijd valide zijn gebleken en waarvoor geen uitzonderingen zijn. Ze kunnen echter niet worden bewezen of afgeleid.

⁵ Altschuller beschrijft de theorie in 'Creativity as an exact science'. In dit onderzoek zal hier niet verder op worden ingegaan.

- Minimaliseren van het aantal interfaces;
- Minimaliseren van het aantal secundaire functies;
- Reduceren en focussen op reeds bestaande resources (systeem, systeemomgeving).

① Voorbeeld
(Fricke & Schulz, 2005):

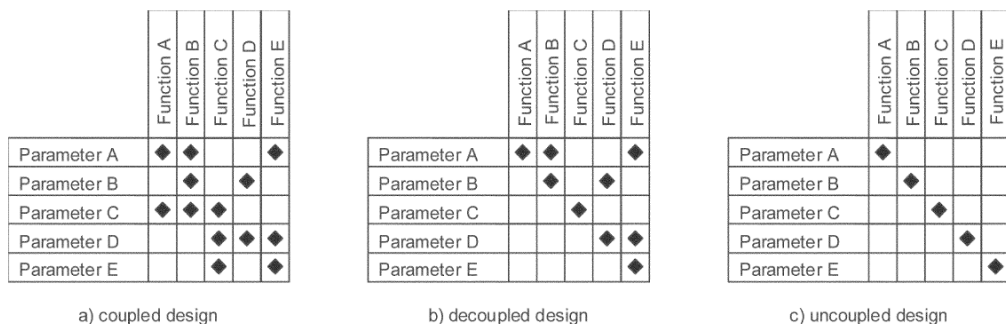
Implementatie van dit principe is te zien in bijvoorbeeld het I-drive concept van BMW en cockpits van straaljagers met gereduceerde interfaces, waarbij alle noodzakelijke knoppen zijn geïntegreerd in een enkele controller.

Ontwerpprincipe 2: Onafhankelijkheid

Dit principe is gebaseerd op het minimaliseren van de impact van de veranderende ontwerpparameters. Een ontwerpparameter representeert fysieke verwezenlijking van de oplossing van een functie, ook wel een functieervuller genaamd. Met onafhankelijkheid van ontwerpparameters wordt bedoeld dat een veranderende parameter geen gerelateerde parameters en daarmee de operationaliseerbaarheid van andere functies beïnvloed (Fricke & Schulz, 2005).

Om de mate van onafhankelijkheid uit te drukken, onderscheidt Suh (1990) een drietal categorieën: ‘coupled’, ‘decoupled’ en ‘uncoupled’ (zie figuur 15). Bij ‘uncoupled’ heeft een functie slechts één functieervuller (parameter) die niet met andere functies wordt gedeeld. Bij ‘decoupled’ heeft een functie meerdere functieervullers, waarbij de functieervuller niet wordt gedeeld met andere functies. ‘Coupled’ tot slot, heeft een functie meerdere functieervullers, die wel worden gedeeld met andere functies (Eppinger et al., 1994).

De relatie tussen systeemfuncties en ontwerpparameters kunnen worden weergegeven in ontwerpmatrices. Door de eigenschappen van het ontwerp in deze matrices te zetten, kunnen alternatieven worden bekeken (Schulz & Fricke, 2005). Hiervoor wordt veelal de ‘Design Structure Matrix’, afgekort DSM, gebruikt (Browning, 2001; 2002).



figuur 15 – Drie categorieën van onafhankelijkheid (bron: Fricke & Schulz, 2005, p. 349)

① Voorbeeld
(Fricke & Schulz, 2005):

In grote softwaresystemen worden aparte functies gerealiseerd door aparte modules toe te passen. Hierdoor wordt uitwisselbaarheid van deze functies mogelijk.

Ontwerpprincipe 3: Modulariteit

Het laatste principe is gebaseerd op het bouwen van de ontwerparchitectuur die de systeemfuncties in verscheidene categorieën clustert. Hierbij gaat het om het minimaliseren van de koppeling met een onderlinge lage cohesie en het versterken van de koppeling daar waar sprake is van een sterke cohesie. De mate van cohesie kan worden bepaald door de mate van afhankelijkheid die bij het vorige principe is behandeld.

Modulaire architecturen zijn erop gericht elementen te hergebruiken, of gehele secties van een architectuur met een bepaalde scope van functionaliteit en vastgestelde interfaces. Het gemak van uitwisselbaarheid en aanpasbaarheid van modules is mogelijk doordat deze “zelfvoorzienend” zijn. In de literatuur wordt aangegeven dat dit principe het best bekende en meest toegepaste principe is. Echter moet wel in gedachten worden gehouden dat de betrouwbaarheid van een module is gebaseerd op de zwakste schakel.

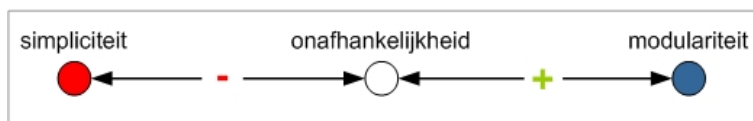
① Voorbeeld
(Fricke & Schulz, 2005):

In pc's kunnen componenten worden verwisseld, gebaseerd op standaard interfaces. Gebruik van componenten van verschillende kwaliteit of prestatie eigenschappen geeft een grote variëteit aan mogelijke systemen die gebaseerd zijn op hetzelfde platform.

Zoals is gebleken, richten de principes zich op verschillende aspecten van het ontwerp van de systeemarchitectuur, waarbij het ene principe een ander tegenwerkt maar een ander principe ook kan versterken. Fricke & Schulz (2005) onderscheiden de volgende relaties tussen de principes en waarden deze als volgt:

- Idealiteit/ simplicitéit – Onafhankelijkheid → negatieve (schadelijke) relatie;
- Onafhankelijkheid – Modulariteit → positieve (bruikbare) relatie.

Naar aanleiding hiervan kan worden gesteld dat bij het ontwerpen van een systeemarchitectuur een balans moet worden gevonden tussen simplicitéit en onafhankelijkheid enerzijds en modulariteit en onafhankelijkheid anderzijds (zie figuur 16).



figuur 16 – Spanningsveld tussen ontwerpprincipes

NB. Omdat simplicitéit eine negative relatione hat mit dem Prinzip der Unabhängigkeit, kann nicht werden gestelt, dass damit weniger Aufmerksamkeit auf das Prinzip der Simplicitéit verwendet werden muss, im Gegenteil. Es geht um die *bewustwording* von der Tatsache, dass wenn Simplicitéit in der Gestaltung implementiert wird, dies ein negatives Ergebnis für das Prinzip der Unabhängigkeit hat.

3.8.2

ONTWERPARCHITECTUUR

Op basis van het voorgaande, kann eine Entwurfsarchitektur werden entworfen. Als Ausgangspunkt hierfür wird die in der Paragraf 3.7.1 festgestellte funktionelle Kategorie von 'basis' und 'additioneel' als Input betrachtet. Das Design der Entwurfsarchitektur hat zu dem Ergebnis geführt, dass in der Anlage 2 dargestellt ist. Die getroffenen Entscheidungen werden hierfür diskutiert werden.

Die Entwurfsarchitektur besteht aus vier Entwurfsphasen, nämlich: (1) Variantenstudie, (2) Relativphase, (3) Modularisierungsphase und (4) Vereinfachungsphase. Diese sind basierend auf den in der vorherigen Paragraf genannten Designprinzipien. Die Kategorie 'Basisfunktionen' aus der Spezifikationsphase wird in der ersten Instanz die Input sein. Es wird gesprochen von 'in der ersten Instanz', da nach dem Durchlaufen des Prozesses dies wiederholt wird für die zusätzlichen Funktionen. Die Entscheidung hierfür ist zweifach. Die Allokation von Funktionsausfullern an die Basisfunktionen kann mit sich bringen, die mit genommen werden müssen für die zusätzlichen Anforderungen. Ebenfalls wird, durch die Kategorien zu splitten, die Komplexität des Prozesses reduziert.

Die Variantenstudie als erste Schritt, hat zum Ziel *mogliche* Funktionsausfuller zu koppeln an die funktionellen Anforderungen. Hierdurch entstehen Varianten, die eine Lösung sein können. An die Funktionsausfuller müssen weiterfolgend die ungewünschten und Supportfunktionen werden angeschlossen, die diese durch Ausfüllung der Funktion mit sich bringen würde. Auf Basis des Anzahlen ungewünschten und Supportfunktionen, die diese Funktionsausfuller mit sich bringen, kann eine rationale Entscheidung werden getroffen für einen Funktionsausfuller. Weiterfolgend dient die Pruferung dazu, um die Eliminierung ungewünschter Funktionen und die Minimierung der Supportfunktionen. Im Gegensatz zu dem, was oft behauptet wird, wird durch diese Ausfüllung des Prozesses wiederholt, dass das Design ausschließlich eine kreative Schritt ist.

Als zweite Schritt wird auf die Relationen zwischen den Funktionsausfullern geachtet, die zu dem Produktentwurf führen werden.

Een kwantificering van de relaties is mogelijk op basis van de taxonomie van Pimpler & Eppinger (1994), die de volgende aspecten onderscheiden: (1) ruimtelijke relatie, (2) relatie door energieoverdracht, (3) informatieoverdracht (data) en (4) materiële relatie.

Uiteraard hoeven niet alle relaties voor een ontwerp van toepassing te zijn. Wanneer echter meerdere aspecten aanwezig zijn, is een ontwerpkeuze mogelijk op basis van één aspect. Dit heeft echter niet de voorkeur, gezien het feit dat dit ontwerpfouten op het gebied van de andere aspecten in de hand kan werken. De tot nu toe besproken fasen richten zich uitsluitend op het principe van onafhankelijkheid, zie Bijlage 2.

Na het productontwerp kunnen de functievervullers worden gegroepeerd in clusters. Deze clusters zijn een logisch gevolg van de voorgaande stap, omdat kan worden voortgeborduurd op de genoemde taxonomie. Door het vormen van clusters (modules), worden de mogelijkheden van aanpasbaarheid en uitwisselbaarheid zonder het (schadelijk) beïnvloeden van andere functievervullers mogelijk. Uiteraard is de onderbouwing van de keuze van de modules ook op een andere kwantificering dan de genoemde taxonomie mogelijk.

Tot slot kunnen in de laatste fase de functies binnen een module, die dezelfde functievervullers hebben, worden geïntegreerd. Hierdoor wordt productoptimalisatie mogelijk, dat in de uitvoering zal leiden tot lagere kosten en/of een snellere uitvoeringstijd. Deze integratie leidt tot de definitieve functiearchitectuur.

Deze laatste stap zal wellicht vraagtekens oproepen in de zin van: waarom wordt deze fase pas als laatst uitgevoerd en niet in het beginstadium van het ontwerp wat gebruikelijk is? Hiervoor is expliciet gekozen. In de praktijk wordt in het beginstadium, vaak al in de specificatiefase, een keuze gemaakt voor de functionele architectuur. Kijkend naar de scheiding tussen het functionele domein en het fysieke domein, zou het mogelijk zijn; immers brengt de keuze van een functionele architectuur geen fysieke oplossingen met zich mee (zie paragraaf 3.7). Het feit is echter wel dat de keuze van een functionele architectuur de oplossingsruimte (voor het fysieke domein) reduceert. De oplossingsruimte die een werkwijze volgens SE mogelijk zou moeten maken, wordt hierdoor verloren. Daarnaast ligt aan de keuze geen uit het proces voortvloeiende onderbouwing ten grondslag. De onderbouwing komt veelal uit de kennis van de voorgaande projecten.

Om de genoemde ontwerpstappen concreet te maken, zijn in figuur 40 (in Bijlage 2), voorbeelden opgenomen die gebaseerd zijn op de DSM. Een DSM is een matrix die voor SE m.b.t. integratie en/of decompositie van producten en processen wordt gebruikt. De DSM geeft een simpele, compacte visuele representatie van complexe systemen en het komen tot innovatieve oplossingen mogelijk maakt (Browning, 2001; 2002; Eppinger et al., 1994; Pimpler & Eppinger, 1994).

Om oplossingsruimte te creëren en daarmee een objectief ontwerp te maken, is het dus noodzakelijk de functionele architectuur te onderbouwen. Er dient dus eerst een relatie te worden gemaakt tussen de functievervullers en de functies om een keuze voor eventuele splitsing dan wel integratie van functies mogelijk te maken (zie kader). Een rationele keuze voor de ontwerparchitectuur is dus mogelijk en is dus niet (uitsluitend) creatief van aard zoals Suh (1990) stelt. Hiertoe dient de definitieve keuze voor de functionele architectuur pas aan het eind van het ontwerp te worden genomen.

① Toelichting

Als voorbeeld wordt de aanleg van een viaduct beschouwd, die in combinatie met de kruisende weg moet worden geasfalteerd. Wanneer in een vroegtijdig stadium een functionele architectuur wordt gemaakt, zou de functie 'ondersteunen vervoersfunctie' voor beide wegen met beide als functievervuller 'asfalt', worden geïntegreerd. Dit is echter op basis van geografische kenmerken niet mogelijk! (ze zijn immers ongelijkvloers) Dit zou problemen op kunnen leveren voor de uitvoeringswijze en/of planning.

3.9 FASE 4: VERIFICATIE & VALIDATIEFASE – VAN ONTWERP NAAR VERVULLING VAN WENSEN

Verifiëren en valideren zijn begrippen die veelal door elkaar worden gebruikt. Deze hebben in het SE proces echter een geheel andere functie. De verwarring komt voort uit het feit dat deze nauw aan elkaar verwant zijn. Daarom zal in het volgende betoog een gescheiden beschrijving worden gegeven van de functie van verificatie en validatie. In de beschrijving zal blijken dat verificatie minder complex is dan validatie. Daarom zal dieper worden ingegaan op het validatieproces dan op het verificatieproces.

3.9.1 VERIFICATIE

De primaire functie van verificatie is (INCOSE, 2004): het vaststellen van de systeemspecificaties, het ontwerp, het proces en het product en controleren of deze in overeenstemming zijn met de top-eisen. Dit is nodig om er uiteindelijk van verzekerd te zijn dat het systeem voldoet aan de wensen en eisen van de gebruiker. Een secundaire functie is op het betreffende niveau vaststellen en daarmee documenteren dat de specificaties van het betreffende niveau in overeenstemming zijn met de specificaties op het voorgaande niveau. Dit geeft de garantie dat elke fase van het ontwikkelproces compleet is, voordat de volgende fase wordt uitgevoerd zonder dat inconsistenties optreden.

Om dit concreter te maken, noemt Blanchard (1998) een drietal punten waartoe het verificatieproces leidt, namelijk:

1. Het stelt een formele check (audit) vast of de voorgestelde systeem/subsysteem ontwerpen in relatie tot de eisen. Belangrijke problemen kunnen worden besproken;
2. Het vaststellen van een 'baseline' wordt mogelijk. Dit kan als communicatiemedium worden gebruikt waardoor duidelijk is wat de stand van zaken is en wat daarmee formeel is gemaakt;
3. Het geeft de mogelijkheid om interfaceproblemen op te lossen.

Hieruit kan dus worden geconcludeerd dat concreet voor het model de verificatieprocessen plaatsvinden tussen de niveaus en tussen de ontwerp- en eisenspecificatie.

 Toelichting: Verificatie gaat om de vraag: *Ben ik het product goed aan het bouwen?*

3.9.2 VALIDATIE

Validatie kan worden gedefinieerd als het vaststellen dat het systeem die dingen doet die het wel en niet zou moeten doen (INCOSE, 2004). In de literatuur wordt onderscheid gemaakt tussen een twee soorten validatie (Katasonov & Sakkinen, 2006; Hull et al., 2005; INCOSE, 2004): (1) validatie van eisen en (2) validatie van ontwerp c.q. product.

Het centrale probleem in de validatie is dat de kwaliteitscontrole wordt gecommuniceerd met de opdrachtgever en stakeholders. Er wordt van een probleem gesproken, omdat de opdrachtgever (zoals in paragraaf 3.6 is gesteld) een beperkte technische kennis heeft.

Ook de stakeholders hebben verschillende achtergronden en beschikken slechts over specifieke domeinkennis. In de identificatie- en specificatiefase ging het om, terugkijkend naar figuur 12, te werken vanuit de 'domeinwereld' naar de 'systeemwereld'. In de validatiefase gaat het om de omgekeerde richting⁶. (Katasonov & Sakkinen, 2006).

Kotonya & Sommerville (1998) stellen het validatieproces voor als een 'black box', afhankelijk van 'input' en 'output' levert. De input bestaat uit: (1) specificatie document, (2) organisationele standaarden en (3) organisationele kennis.

Het eerste punt kan een specificatie van eisen dan wel een specificatie van een ontwerp zijn. Dit moet een definitieve versie zijn en is vorm gegeven volgens de organisationele standaarden. In paragraaf 3.2 is beschreven, dat voor het proces de systeem- en productspecificatie zijn te onderscheiden. Dit zijn de formele documenten waarin de

⁶ In het gerefereerde figuur gaat het uitsluitend om het RE proces, het ontwerp wordt hierin dus niet betrokken. Aangezien validatie zich niet beperkt tot eisen en dus ook kan worden gerelateerd aan een product c.q. ontwerp, is het legitiem om het in deze context te gebruiken.

resultaten worden vastgelegd conform de organisationele standaarden. Toetsing van de specificaties houdt dus tevens in, naast de inhoudelijke controle, of het systeem conform de standaarden van de organisatie wordt uitgevoerd. Als eerste validatie in het proces, dient de systeemspecificatie te worden gevalideerd. Dit vindt in een relatief vroegtijdig stadium plaats. Dit wordt gedaan om er van verzekerd te zijn dat de eisen de “goede” zijn, omdat deze leidend zijn voor de verdere ontwikkeling van het proces. Tevens dient overeenstemming te worden verkregen, met name over de opgestelde fit criteria waar in de volgende paragraaf nader op zal worden ingegaan. Als tweede en laatste validatie binnen een niveau dient de productspecificatie te worden getoetst. Hierbij wordt gekeken of de oplossing past bij de wensen van de klant.

Het laatste punt van organisationele kennis tot slot is niet concreet te maken, maar is daarom niet minder belangrijk. Het gaat om de terminologie en de toepassingen en vaardigheden van de mensen die betrokken zijn bij het proces. Deze impliciete kennis is belangrijk, omdat de eisen nauw samenhangen met de structuur, cultuur en standaarden van de organisatie.

De ‘ouput’ van het proces bestaat uit (Kotonya & Sommerville, 1998): (1) lijst van problemen en (2) overeengekomen acties. Het eerste punt betreft een rapportage van “tekortkomingen” van de specificatie. Het laatste punt betreft die punten waarover overeenstemming is bereikt.

Toelichting: Validatie gaat om de vraag: *Bouw ik het goede product?*

Het uiteindelijke doel van validatie is te komen tot de gewenste kwaliteit, waarmee wordt voldaan aan de eisen en behoeften van de opdrachtgever. Kijkend naar de begrippen ‘verificatie’ en ‘validatie’, kan samenvattend worden gesteld dat verificatie controlerend van aard is, terwijl validatie toetsend van aard is. Voor deze toetsing is voor de validatie, in tegenstelling tot de verificatie, een referentie benodigd; of de eisen voldoen moet immers ergens aan worden gemeten. De complexiteit van het meetbaar maken van niet-functionele eisen wordt onderkend, maar valt buiten de scope van dit onderzoek. De focus zal uitsluitend liggen op de kwaliteit van *functionele* eisen, waar in de volgende paragraaf nader op zal worden ingegaan.

3.9.3

KWALITEIT VAN FUNCTIONELE EISEN

Kwaliteit is een moeilijk te definiëren begrip. Toch is het belangrijk om te weten, omdat dit een belangrijke indicator is voor de prestatie van het geleverde product.

Lindstedt & Burenus (2003) definiëren kwaliteit als: de capaciteit van het product om de waarde (voor de opdrachtgever) in de tijd te bewaren. De koppeling van kwaliteit aan waarde voor de opdrachtgever is een sterk punt. Deze is immers diegene die ook de aanleiding is voor het initiëren van de eisen en daarmee ook het beste een beoordeling kan geven.

Het aspect tijd, wekt echter verwarring. Uitsluitend kijkend naar de functionele eisen, is in paragraaf 3.7.4 gesteld, dat deze eisen kunnen worden getoetst door het stellen van een fit criterium. In de literatuur wordt dit ook wel ‘fitness for purpose’ of ‘conformance to requirements’ genoemd (Hull et al. 2005; Robertson & Robertson, 1999). Dit fit criterium moet uitslag geven of het systeem ook daadwerkelijk de actie uitvoert die het zou moeten uitvoeren. Door dit gegeven kan het begrip ‘waarde’ tweeledig worden gezien, namelijk: (1) ten tijde van de validatie en (2) in de tijd.

Wanneer over validatie wordt gesproken, wordt de kwaliteit van het systeem op één punt (in de tijd) gemeten. Dit meten van de kwaliteit gebeurt voor de functionele eisen door toetsing van de systeem- en/of productspecificatie aan de fit criteria. Wanneer blijkt dat deze voldoen, wordt hiermee waarde voor de gebruiker gecreëerd.

Toelichting (Hull et al., 2005)

De term kwaliteit kan op verscheidene manieren worden geïnterpreteerd. Wanneer wordt gesproken over kwaliteitsauto's, kunnen bijvoorbeeld Rolls Royce, Mercedes of Jaguar worden genoemd. Hierbij is er echter verwarring tussen kwaliteit en luxe, wanneer wordt gegeven dat de beste auto voor een rally moet worden gekozen. Geen van alle zullen worden gekozen, op grond van robuustheid, gewicht/ power etc.

Wanneer, ingaand op het tweede punt, de waarde in de tijd wordt gezien, moet de kwaliteit van het systeem worden gezien als het (blijven) voldoen aan de gestelde fit criteria. Aangezien acties die functionele eisen vervullen, wel of niet worden uitgevoerd, kan in deze context dus niet van waardevermindering worden gesproken.

3.9.4

DECOMPOSITIE

Wanneer zowel de systeem- als de productspecificaties zijn gevalideerd, kunnen hieruit nieuwe eisen worden afgeleid. De meeste eisen zullen worden afgeleid van de productspecificatie, doordat deze uit de gekozen oplossingen voortvloeien. Deze eisen dienen op een lager niveau als input voor het specificatieproces. Het kan echter ook zo zijn dat eisen niet zozeer worden vertaald in een ontwerp. Deze eisen worden dan rechtstreeks overgenomen naar het onderliggende niveau. Het uitgangspunt voor de gehele decompositie is dat alle eisen op lagere niveaus voldoen aan de eisen die op een hoger niveau zijn gesteld. Alleen dan is men ervan verzekerd dat de geleverde oplossingen binnen de systeemeisen vallen. Meer doen dan dat in de eisen wordt gevraagd, is daarmee ook niet wenselijk. Verificatie vindt dus niet uitsluitend plaats tussen product- en systeemspecificatie (horizontaal), maar ook tussen systeem- en productspecificaties (verticaal), ter controle of de eisen op een lager niveau voldoen aan de eisen op een hoger niveau.

Belangrijk om in dit geheel te realiseren, is dat door decompositie niet alleen het abstractieniveau afneemt, maar ook de hoeveelheid ontwerpende actoren toeneemt. Naarmate er gedetailleerder wordt ontworpen, zullen er immers meerdere disciplines binnen de organisatie bij het project worden betrokken. Hierdoor is niet alleen sprake van afstemming tussen de niveaus, maar ook tussen de actoren binnen een niveau. Dit worden ook wel (interne) interface-eisen genoemd. De complexiteit van de interface-eisen neemt dus toe, naarmate de abstractie afneemt. In de literatuur wordt hier weinig over beschreven. Een feit is wel dat de systems integrator (binnen de organisatie) zorg moet dragen voor deze interface-eisen. Wanneer dit niet wordt gedaan, is de kans groot dat wordt gewerkt vanuit de gedachte van suboptimalisatie. Dit is dus juist niet wat moet worden bereikt.

3.10

MODELLERING

In de voorgaande paragrafen is theoretisch het specificatieproces in vier fasen beschreven. Aan de hand hiervan moet worden gekomen tot een procesmodel dat dit theoretische specificatieproces beschrijft.

Voordat is begonnen met het maken van het procesmodel, is in de literatuur gekeken of er niet reeds een bruikbaar model voorhanden was. Dit was echter niet het geval. Het feit is namelijk dat de focus van de in de literatuur beschreven modellen, meer ligt op de activiteiten dan op de transformatieprocessen. Als voorbeeld is het transformatieproces van eisen naar een ontwerp een kritieke stap, waarbij de wijze waarop tot een functionele architectuur wordt gekomen de centrale vraag is. In de literatuur wordt dus of geen functionele architectuur onderscheiden, of gezien als impliciete keuze. Dit komt dus niet overeen met waar naar wordt gestreefd, namelijk een expliciete procesbeschrijving.

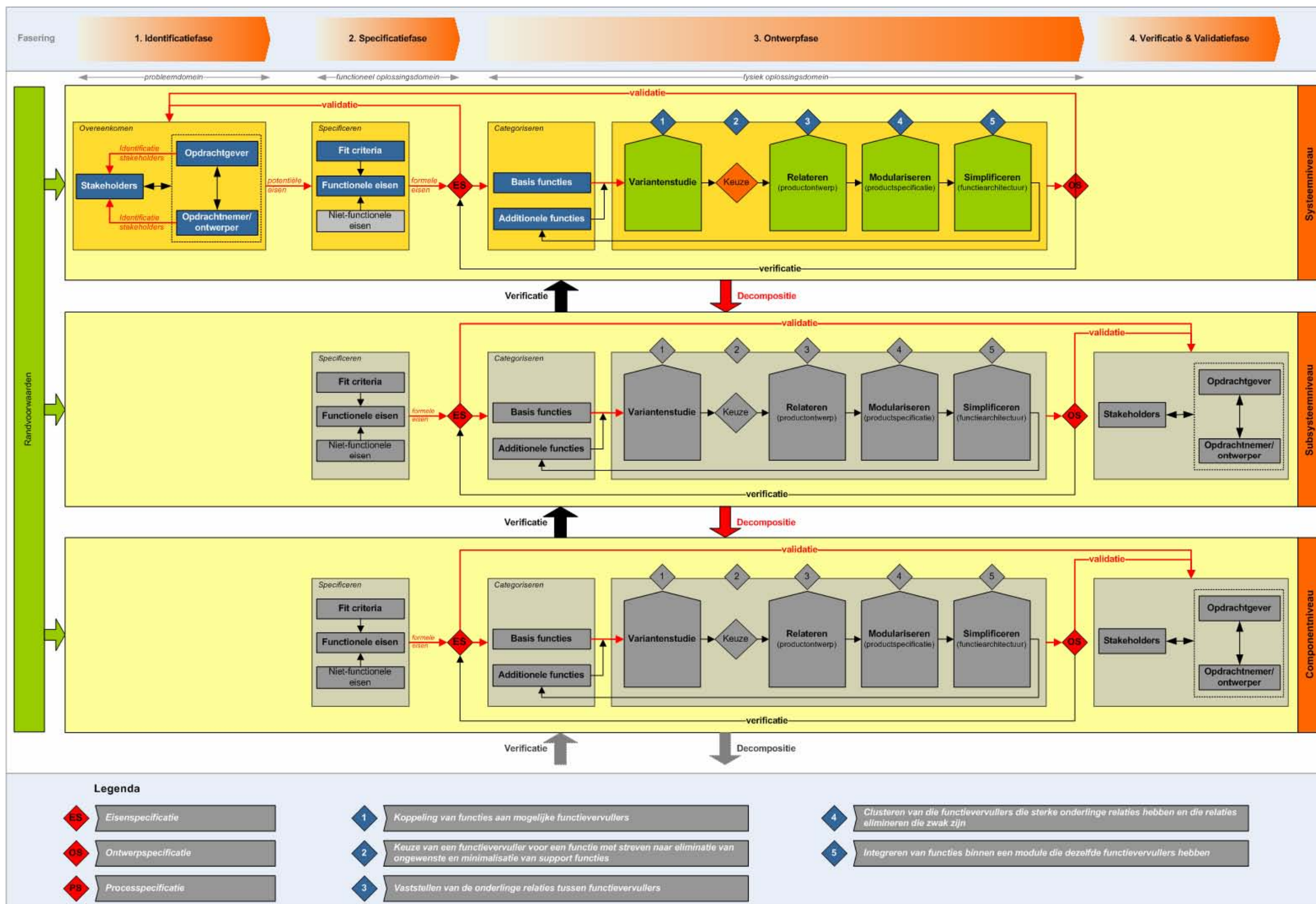
Geconcludeerd kan worden dat er momenteel geen bruikbaar procesmodel voorhanden is. Daarom dient er een nieuw model te worden gemaakt, op basis van de in dit hoofdstuk beschreven theorie. Aangezien deze theorie niet overzichtelijk en daarmee moeilijk te vertalen is naar een model, is de beschreven theorie samengevat in de vorm van kernpunten. In tabel 5 zijn deze kernpunten genoemd, die per fase zijn uitgewerkt.

tabel 5 – Kernpunten theoretisch functioneel specificatieproces

| Fase | Karakteristieken |
|----------------------|--|
| 0. Algemeen | <ul style="list-style-type: none"> 0.1. Splitsing proces in probleem- en oplossingsdomein; 0.2. Het specificatieproces is een continue iteratie tussen de eisenspecificatie en het ontwerp, waarbij het abstractieniveau afneemt; 0.3. Balans vinden tussen scheiding van domeinen en nauwe (iteratieve) interactie; 0.4. Het RE proces is afhankelijk van drie dimensies: (1) specificatie, representatie en overeenstemming; 0.5. Problemen in het RE proces komen voort uit de bovengenoemde dimensies; 0.6. Het proces dient te zijn gebaseerd op het V-model; 0.7. Het proces van identificatie t/m ontwerp bestaat uit vier fasen: (1) identificatiefase, (2) specificatiefase, (3) ontwerp en (4) verificatie & validatie; 0.8. De eisen in het proces zijn in te delen in drie categorieën: (1) functionele eisen, (2) niet-functionele eisen en (3) randvoorwaarden. |
| 1. Identificatiefase | <ul style="list-style-type: none"> 1.1. Het doel is te komen tot antwoord op de vraag: <i>welk effect op de omgeving is gewenst?</i> 1.2. Behoort tot het probleemdomein; 1.3. Eisen en wensen (potentiële eisen) kunnen niet bij de opdrachtgever worden "gehaald", maar moeten in interactie met de opdrachtnemer worden geïdentificeerd; 1.4. Niet uitsluitend dienen potentiële eisen te worden geïdentificeerd, maar ook dient begrip te worden verkregen van het applicatiedomein, het probleem en de organisatie (van de opdrachtgevende partij); 1.5. Stakeholders dienen door opdrachtgever en opdrachtnemer/ontwerper te worden geïdentificeerd op basis van de attributen van invloed, legitimiteit en urgentie, die in samenhang een 8-tal typologieën mogelijk maakt; 1.6. De stakeholders variëren qua aantal in het proces in de tijd bezien, maar zijn zelf ook qua inhoud dynamisch door toevoeging of vermindering van een of meerdere attributen; 1.7. Voordat de potentiële eisen kunnen worden omgezet in formele eisen, dient er overeenstemming te worden bereikt tussen de actoren. |
| 2. Specificatiefase | <ul style="list-style-type: none"> 2.1. Het doel is te komen tot een antwoord op de vraag: <i>wat moet het gedrag van het systeem zijn op de grens met de omgeving om het gewenste effect op de omgeving te bereiken?</i> 2.2. Behoort in het proces tot het functioneel oplossingsdomein, in termen van fysieke oplossingen behorend tot het probleemdomein; 2.3. Functionele eisen beschrijven wat het systeem moet doen (reden van bestaan); 2.4. Functionele eisen kunnen worden gecategoriseerd in twee groepen: (1) basis functies en additionele functies; 2.5. Niet-functionele eisen zijn die eisen die de eigenschappen van het systeem specificeren; 2.6. Niet-functionele eisen bestaan uit acht groepen: (1) uiterlijk en gevoelseisen, (2) bruikbaarheidseisen, (3) prestatie-eisen, (4) operationele eisen, (5) onderhoudbaarheid- en vervangbaarheidseisen, (6) veiligheidseisen, (7) culturele en politieke eisen en (8) wettelijke eisen; 2.7. Randvoorwaarden zijn de factoren die toepassing hebben op het gehele product. Het gaat niet zozeer op eisen waar de procesactoren invloed op hebben, maar om opgelegde eisen vanuit de omgeving. 2.8. Fit criteria dienen te worden vastgesteld om validatie van functionele eisen mogelijk te maken; 2.9. Er dienen eisen aan de eisen te worden gesteld, die waarop de eisen moeten worden gecontroleerd; 2.10. Een keuze voor een functionele architectuur mag <u>niet</u> worden gemaakt. |

| Fase | Karakteristieken |
|----------------------------------|---|
| 3. Ontwerpfase | <p>3.1. Het doel is te komen tot antwoord op de vraag: <i>wat moet het interne gedrag en de structuur van het systeem zijn, dat leidt tot het gewenste gedrag op de grens met de omgeving?</i></p> <p>3.2. Behoort tot het oplossingsdomein;</p> <p>3.3. Dient gebaseerd te zijn op een drietal principes: (1) simpliciteit, (2) onafhankelijkheid en (3) modulariteit;</p> <p>3.4. Praktisch leidt dit tot vier deelfasen: (1) variantenstudie, (2) relatiefase, (3) modularisatiefase en (4) simplificatiefase;</p> <p>3.5. Op basis van de support en ongewenste functies die functievervullers met zich meebrengen, kan worden gekomen tot een expliciete ontwerpkeuze, waarbij moet worden gestreefd naar minimalisatie van support functies en eliminatie van ongewenste functies;</p> <p>3.6. Moet worden gestreefd naar zo lang mogelijk oplossingsvrij en innovatief te denken, waarbij de keuze voor een functionele architectuur voort moet vloeien uit het proces;</p> <p>3.7. Ontwerp hoeft niet uitsluitend creatief te zijn, maar kan expliciet worden gemaakt;</p> <p>3.8. Ontwerp is te beoordelen op waardecreatie voor de klant in de specificatiefase gemaakte splitsing van basis en additionele functies.</p> |
| 4. Verificatie- en validatiefase | <p>4.1. Verificatie is het controleren of de systeem- en ontwerpspecificatie voldoen;</p> <p>4.2. Verificatie vindt plaats binnen een niveau (confrontatie van systeem- aan ontwerpspecificatie) en tussen niveaus voor onderlinge controle;</p> <p>4.3. Validatie is het vaststellen dat het systeem die dingen doet die het systeem zou moeten doen;</p> <p>4.4. Validatie is mogelijk door gebruik van fit criteria als referentiekader, ter beoordeling aan de procesactoren (opdrachtgever, opdrachtnemer en stakeholders);</p> <p>4.5. Kwaliteit van functionele eisen of vertaling daarvan in een ontwerp is niet aan waardevermindering onderhevig;</p> <p>4.6. Decompositie is het afleiden van eisen uit het gemaakte ontwerp dat input is voor de specificatiefase op een lager niveau;</p> <p>4.7. Interface-eisen als eisen tussen subsystemen onderling, zijn cruciaal voor de afstemming onderling</p> |

Op basis hiervan kan het procesmodel worden gemaakt (zie figuur 17). De mogelijkheden in de zin van representatie zijn talrijk, wat het modelleren complex maakt. Het uitgangspunt voor de modellering is het maken van een expliciet en overzichtelijk model, waarin de in de literatuur beschreven aspecten zo goed mogelijk worden geïmplementeerd. Een valkuil is dat het model een wirwar van relaties weergeeft, waardoor het overzicht wordt verloren. Daarom is getracht de ontwerpprincipes van simpliciteit en modulariteit toe te passen op het model. Simpliciteit in de representatie is getracht te bereiken door het aantal relaties in het model te minimaliseren. De relaties van decompositie en verificatie (tussen de niveaus) zijn daar een voorbeeld van. Doordat bekend is waartoe binnen een niveau dient te worden gekomen en wat het decompositieproces inhoudt, is een simplistische weergave mogelijk. Modulariteit komt tot uiting door de clusters die zijn gevormd, voortkomend uit de vier faseringen. Aangezien de activiteiten op elk niveau gelijk aan elkaar zijn, is uitsluitend het eerste niveau gekleurd weergegeven waardoor het overzicht wordt verbeterd.



figuur 17 – Theoretisch functioneel specificatiemodel

3.11

DEELCONCLUSIE

In dit hoofdstuk is een theoretische beschrijving gegeven voor de specificatie van functionele eisen. Naar aanleiding hiervan kan antwoord worden gegeven op de eerste centrale vraag, namelijk:

Hoe is theoretisch het functioneel specificatieproces expliciet te maken in de context van systems engineering?

Het antwoord op deze vraag is samengevat in kernpunten (zie tabel 5) en het theoretisch functioneel specificatiemodel (zie figuur 17). De kernpunten (tekstuele representatie) is een samenvatting van de theorie, die vervolgens is vertaald naar een model (visuele representatie).

De conclusies zullen allereerst voor het gehele proces worden benoemd, waarna specifiek zal worden ingegaan op onderdelen van het proces, die antwoord zullen geven op de deelvragen. Dit zal puntsgewijs worden gedaan.

De conclusies die kunnen worden getrokken voor het gehele proces zijn:

- Het specificatieproces dient te worden gesplitst in een probleem- en oplossingsdomein;
- Het proces dient te zijn gebaseerd op het V-model;
- Er dient bewustwording te zijn dat het RE proces wordt beïnvloed door een drietal dimensies: (1) specificatie, (2) representatie en (3) overeenstemming;
- Het specificatieproces is opgedeeld in een viertal fasen: (1) identificatiefase, (2) specificatiefase, (3) ontwerpfase en (4) verificatie & validatiefase en decompositie;
- De eisen in het proces zijn in te delen in een drietal categorieën: (1) functionele, (2) niet-functionele en (3) randvoorwaarden.

Specifieker kijkend naar de identificatiefase, kunnen conclusies worden getrokken voor deelvraag a. Deze vraag luidt als volgt:

Op welke wijze kunnen behoeften en eisen van de gebruiker worden geïdentificeerd, opdat transformatie naar systeemeisen mogelijk wordt?

De gebruikerseisen dienen te worden geïdentificeerd in de identificatiefase. Voor deze fase dient de volgende vraag als uitgangspunt te worden genomen: *welk effect op de omgeving is gewenst?* Voor de hieruit voortvloeiende eisen, is zowel inbreng van domeinkennis als technische kennis benodigd. Dit vraagt om interactie tussen de opdrachtgever, de stakeholders en de ontwerper, waarbij overeenstemming moet worden bereikt om te komen tot potentiële eisen. Om tot deze eisen te komen, moet begrip worden gekregen van een viertal punten: (1) het applicatiedomein, (2) het probleem, (3) de organisatie en (4) behoeften en eisen van de stakeholders. Een belangrijk punt is dat voordat de identificatiefase kan worden afgesloten, overeenstemming over de eisen moet worden bereikt.

Een hierop volgend kritiek punt in het proces is de transformatie van eisen in een ontwerp, wat de essentie is van deelvraag b, die als volgt luidt:

Op welke wijze kunnen functionele eisen expliciet worden omgezet in een ontwerp?

Ten eerste kan worden geconcludeerd dat een keuze voor een functionele architectuur kan worden aangemerkt als een ontwerpactiviteit dat de oplossingsruimte verkleint. De keuze voor een functionele architectuur dient daarom tot stand te komen in de ontwerpfase. Om het proces expliciet te maken, dient er een onderbouwing voor deze keuze te worden gegeven die voortkomt uit het proces.

Door splitsing van de eisen in categorieën, namelijk functionele en niet-functionele eisen, wordt het ontwerpen vergemakkelijkt en zijn wijzigingen makkelijk door te voeren. De functionele eisen dienen te worden gecategoriseerd in een tweetal groepen: basis functies en additionele functies. Hierdoor wordt het mogelijk prioriteiten voor het ontwerp duidelijk te maken en aan te sluiten bij de wensen van de klant.

Als uitgangspunt voor de ontwerparchitectuur dienen een drietal principes te worden genomen, namelijk: onafhankelijkheid, modulariteit en simpliciteit. Deze vormen tevens de

onderbouwing voor de keuze van een functionele architectuur. De wijze waarop tot een expliciete keuze voor de functiesvervullers kan worden gekomen, kan door een koppeling te maken met support en/of ongewenste functies. Door te streven naar eliminatie van ongewenste functies en minimalisatie van support functies zijn rationele ontwerpkeuzes mogelijk.

Tot slot kan worden gekomen tot een antwoord op deelvraag c. Deze vraag luidt als volgt:

Op welke wijze dient het proces van verificatie & validatie van het functioneel specificatieproces te verlopen?

Uitgangspunt voor de verificatie & validatiefase zijn de systeem- en productspecificaties. Dit zijn formele documenten waaraan moet worden getoetst. Wanneer de specificaties onderling worden getoetst, wordt gesproken van verificatie. Het uitvoeren van een verificatie gebeurt op basis van onderlinge vergelijking; een toetsingskader is dus niet benodigd.

Van toetsing in de vorm van validatie is sprake wanneer de specificaties worden getoetst door de opdrachtgever en stakeholders. Voor het valideren is een toetsingskader wel benodigd, omdat de kwaliteit in de vorm van waarde voor de klant moet worden bepaald. Hiertoe dienen in de specificatiefase fit criteria in de systeemspecificatie te worden opgenomen, waardoor duidelijk wordt op welke wijze de oplossing aan de eisen kan voldoen. Doordat functionele eisen acties beschrijven, bevatten de fit criteria geen toleranties. De kwaliteit van het systeem is daarom te definiëren als: het voldoen van de oplossingen aan de gestelde fit criteria, ook in de tijd.

De validatie van de systeemspecificatie is erop gericht te toetsen of de opgestelde fit criteria en formele eisen voldoen aan de potentiële eisen van de opdrachtgever en stakeholders. De validatie van de productspecificatie kan middels de fit criteria toetsen of de oplossing voldoet aan de gestelde eisen.

4 Huidig functioneel specificatieproces

4.1 INLEIDING

Nu een theoretische (expliciete) beschrijving van het specificatieproces is gemaakt, dient er aandacht te zijn voor de empirie. Implementatie van empirie ofwel praktijk in het onderzoek heeft tot doel kennis, ervaringen, knelpunten etc. uit de praktijk in de resultaten van het onderzoek mee te nemen. Alleen dan kan worden gekomen tot een in de organisatie implementeerbare procesbeschrijving. Dit betekent niet dat implementatie van empirie per definitie leidt tot een *succesvolle* implementatie. Het onderzoeken van de haalbaarheid van de procesbeschrijving zal daarom apart worden besproken in hoofdstuk 6.

Terugkomend op het onderzoeken van de empirie, heeft dit tot doel het huidig functioneel specificatieproces in kaart te brengen. Dit kan het beste worden onderzocht middels de onderzoeksstrategie 'casestudy', waar in paragraaf 2.6.2 reeds een onderbouwing voor deze keuze is gegeven. In paragraaf 4.2 zal deze keuze verdere invulling krijgen, middels het 'framework casestudies'.

Vervolgens zullen de casestudies Hanzelijn en HSL-Portugal worden uitgewerkt. Aansluitend op de casestudies zullen de eisen en verwachtingen van ProRail voor het functioneel specificatieproces worden besproken. Dit zal gebeuren middels interviews en documentenstudie.

Tot slot zullen de resultaten van de casestudies en de interviews met ProRail in paragraaf 4.6 aan elkaar worden gerelateerd. Dit heeft tot doel overeenkomsten in de resultaten te identificeren en/of resultaten die met elkaar in conflict zijn te elimineren. Op basis hiervan kan worden gekomen tot een conclusie als antwoord op de tweede centrale vraag:

Op welke wijze wordt in de huidige situatie invulling gegeven aan het functioneel specificatieproces binnen Movares en welke eisen worden vanuit ProRail hieraan gesteld?

4.2 DE CASESTUDY VOOR KWALITATIEF ONDERZOEK

4.2.1 THEORIE

Karakteristieken

Een casestudy is een onderzoek waarbij wordt geprobeerd diepgaand inzicht te verkrijgen in één of enkele tijdruimtelijk begrensde processen. Met name voor een praktijkgericht project heeft de casestudy voordelen, omdat een integraal beeld wordt verkregen van het onderzoeksobject. Dit integrale beeld kan met name een voordeel zijn in een onderzoek dat gericht is op verandering van de bestaande situatie (Verschuren & Doorewaard, 2005).

Kijkend naar dit onderzoek, zal na analyse van de huidige situatie een verbetervoorstel voor het huidige proces worden gemaakt. Dit sluit dus goed aan bij de voorgaande theorie voor een veranderingsgericht onderzoek.

Voor de casestudy, die als onderzoeksstrategie is gekozen (zie paragraaf 2.6.2), kunnen de volgende karakteristieken worden onderscheiden (Verschuren & Doorewaard, 2005):

1. Klein aantal onderzoekseenheden;
2. Arbeidsintensieve benadering;
3. Meer diepte dan breedte;
4. Selectieve ofwel strategische steekproef;
5. Kwalitatieve gegevens.

In dit onderzoek wordt door een klein aantal onderzoekseenheden (case), kwalitatief onderzoek uitgevoerd. Het werken met kleine aantallen heeft consequenties voor de uitvoering van het onderzoek en voor de aard van de resultaten. Een prominent gegeven is dat in principe een kwantitatieve analyse van de verzamelde gegevens niet mogelijk is, zodat uitsluitend een kwalitatieve wijze van onderzoek doen mogelijk is. Het gaat dus niet zoals bij een survey om statische waarnemingsresultaten, maar om analyse en vergelijking (Verschuren & Doorewaard, 2005).

Om dit te kunnen bereiken is er onderzoek in de diepte nodig, meer dan in de breedte. Door informatie te verzamelen uit verschillende bronnen, wordt getracht deze diepgang te bereiken. Dit wordt ook wel (bronnen)triangulatie genoemd (Verschuren & Doorewaard, 2005). Swanborn (1994) sluit hier vanuit sociaal-wetenschappelijk onderzoek bij aan, waar triangulatie wordt uitgelegd als het vergroten van de kennis en het inzicht in het object door vanuit verschillende bronnen gegevens over het object te verzamelen.

Triangulatie speelt echter niet uitsluitend een rol bij de verzameling van de data. Ook voor de analyse is triangulatie voor kwalitatief onderzoek belangrijk voor de vergroting van de validiteit. Hierbij draait het om ondersteuning en aanvulling van conclusies die vanuit de ene bron zijn verkregen door conclusies uit een andere bron (Swanborn, 1994). Hierdoor wordt een integraal beeld van het object verkregen (Verschuren & Doorewaard, 2005).

Een ander aspect dat eveneens voortvloeit uit het werken met kleine aantallen, is een strategische steekproeftrekking in plaats van een aselechte trekking zoals in een survey. Bij een strategische steekproeftrekking is de keuze van de onderzoekseenheden gebaseerd op datgene wat te weten moet worden gekomen. Hierbij dient het theoretisch kader bewust als leidraad (Verschuren & Doorewaard, 2005).

Data-analyse

Vanuit technische achtergrond is er snel de neiging om alle verkregen data (in variabelen) te kwantificeren. Echter, om betekenisverlies te voorkomen kan het verstandig zijn om de data niet te (willen) kwantificeren, maar meer interpreterend te werk te gaan (Brinkman, 1992). Swanborn (1994, p. 352-354) gaat hier dieper op in door een vergelijk te maken tussen enerzijds kwantificerend onderzoek, anderzijds interpreterend onderzoek. Hieruit valt af te leiden dat de aard van kwalitatief onderzoek, voor dit onderzoek met name door het procesmatige karakter, kan worden aangemerkt als interpreterend onderzoek.

Interne kwaliteit

Om de "echtheid" van het empirische materiaal vast te stellen, kan worden gekeken naar de kwaliteit. Hutjes & Buuren (1992) geven een drietal generieke kwaliteitscriteria waaraan empirisch onderzoek aan moet voldoen: (1) begripsvaliditeit, (2) interne validiteit en (3) betrouwbaarheid.

Dit vergelijkend met de literatuur van Swanborn (1994), blijkt dat er naast de twee onderscheiden soorten validiteiten, (veel) meer varianten mogelijk zijn (inhoudsvaliditeit, populatievaliditeit, convergente en discriminante validiteit etc.) In de context van dit onderzoek voert dit te ver om hier op in te gaan. Daarom zal worden beperkt tot het maken van onderscheid in de kwaliteitscriteria validiteit en betrouwbaarheid.

Onder valideren wordt in algemene zin het vrij zijn van fouten verstaan, ook wel aangeduid met het begrip 'interpretatie-exclusiviteit' (Swanborn, 1994). Door de beschrijvende aard van problemen in een gevalstudie, is er geen mogelijkheid om de conclusie statistisch te onderbouwen door vergelijking met een controlegroep. De andere kant is echter dat "het geval" intensief wordt bestudeerd in de situatie en het verschijnsel kunnen begrijpen of verklaren. Er moet dus worden gezocht naar een samenhangend interpretatiekader dat door Campbell (in Hutjes & Buuren, 1992) ook wel 'pattern matching' wordt genoemd. Conclusies volgend uit een samenhangend interpretatiekader geven geen garanties, maar maken het geheel wel aannemelijker. Praktisch kan dit worden gedaan door meerdere informatiebronnen te gebruiken en te vergelijken (triangulatie) (Swanborn, 1994; Hutjes & Buuren, 1992).

De betrouwbaarheid tot slot, gaat in op de mate van zekerheid die er van de interpretaties uit de praktijk is verkregen, die daarmee dus niet berusten op toevalligheden uit de praktijk. Hutjes & Buuren (1992) omschrijven betrouwbaarheid als: de mate waarin een waarneming stabiel is bij verschillende metingen. Doordat de strategie van een gevalstudie een relatief open karakter heeft, is de betrouwbaarheid vaak moeilijk aan te tonen; in tegenstelling tot bijvoorbeeld een survey of experiment.

4.2.2

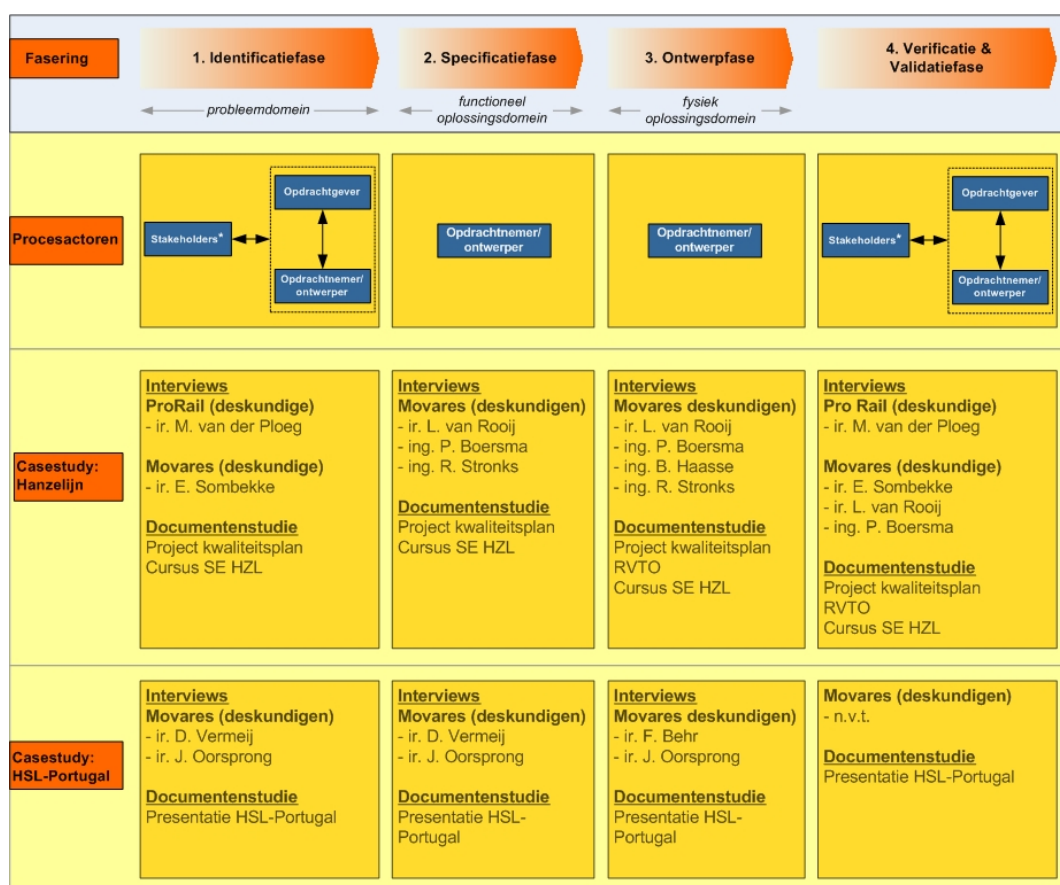
OPERATIONALISATIE

Operationaliseren wordt door Brinkman (1992) omschreven als ‘inperken’. Omdat er keuzes worden gemaakt voor de uitvoering van het kwalitatieve onderzoek, worden er concessies gedaan ten aanzien van de validiteit (Brinkman, 1992). Uiteraard wordt getracht om deze concessies te minimaliseren.

Als eerste onderdeel in de operationalisatie, zal het ‘framework casestudies’ worden geïntroduceerd dat als kader voor de praktijkstudie zal fungeren. Daarna zal verder invulling aan de theorie worden gegeven ten aanzien van de verzameling en analyse van data.

Framework casestudies

In het onderzoeksontwerp is de keuze gemaakt voor bestudering van de projecten Hanzelijn en HSL-Portugal in het praktijkonderzoek. Er moet echter wel een vergelijk van de resultaten onderling en met de theoretische procesbeschrijving mogelijk zijn. Daartoe is het ‘framework casestudies’ ontworpen (zie figuur 18). Dit framework heeft tot doel uniformiteit en consistentie tussen de casestudies te creëren, waardoor vergelijk met de procesbeschrijving (zie figuur 17) mogelijk wordt.



figuur 18 – Framework casestudies

Uit hoofdstuk 3 kan worden geconcludeerd, dat niet elke actor (opdrachtgever, opdrachtnemer/ontwerper en stakeholders) in elke fase van het proces betrokken is. Dit wetende, zou het dan ook niet logisch zijn om de deskundigen in de interviews te bevragen over het gehele proces. Sterker, dit zou de uitkomsten (door meningen) negatief kunnen beïnvloeden, omdat de resultaten van de interviews niet overeenkomen met de kennis en ervaring waar de deskundigen in de praktijk mee bezig zijn. Daarom is de opdeling van het proces in vier procesfasen waar in de procesbeschrijving van wordt uitgegaan, als uitgangspunt genomen voor het framework. Door de casestudies tevens in deze fasen op te delen kunnen de deskundigen, afhankelijk van hun verantwoordelijkheden in en betrokkenheid bij het project, worden gekoppeld aan één of meerdere van de procesfasen.

Concreet heeft dit invulling gekregen door de projectmanager een inventarisatie van de deskundigen te laten maken en vervolgens te koppelen aan de betreffende fase(n). Op basis van deze indeling is het mogelijk om de deskundigen gerichter te bevragen.

Samenvattend kan worden gesteld dat de opdeling van het framework in een viertal procesfasen tot voordeel heeft dat de betrouwbaarheid van de resultaten wordt vergroot en dat vergelijk van de data met het theoretisch specificatieproces mogelijk wordt.

In aanvulling op het framework, dient er een toelichting te worden gegeven op de keuze van de te interviewen actoren. Er kan worden opgemerkt dat de groep van stakeholders niet in de casestudies zullen worden bevraagd, terwijl deze wel volgens de procesbeschrijving (en in de praktijk) worden betrokken. De volgende onderbouwing kan hiervoor worden gegeven.

Uit paragraaf 3.6.3 is gebleken dat het een essentiële stap in het proces is om de stakeholders te identificeren en te betrekken in het proces. Echter zijn de stakeholders uitsluitend inhoudelijk gelieerd aan het proces. Het doel is immers dat de eis c.q. het belang ('stake') wordt opgenomen in de specificatie en vervolgens meegenomen wordt in het ontwerp. Het procesmatige aspect over de wijze waarop dit belang al dan niet wordt opgenomen in de specificatie is hierbij voor de stakeholders niet relevant. Dit is uitsluitend interessant voor de opdrachtgever en de opdrachtnemer/ontwerper.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de stakeholders alleen inhoudelijke input aan het proces geven en daarmee niet direct betrokken zijn bij de transformatieprocessen binnen het functionele specificatieproces. De stakeholders zullen daarom niet worden geïnterviewd.

Dataverzameling

Als eerste casestudie, zal het project Hanzelijn worden onderzocht. Momenteel is dit project in uitvoering, waarbij wordt gewerkt aan de engineering. Het tweede project HSL-Portugal ligt momenteel qua engineering stil, maar zal naar verwachting later weer worden opgepakt. De (gedwongen) keuze voor nog in uitvoering zijnde projecten, heeft als negatieve consequentie dat er beperkte informatie beschikbaar zal zijn; het project is immers nog niet voltooid. Anderzijds heeft dit wel als voordeel dat de resultaten uit dit onderzoek nog van relevantie voor het project zouden kunnen zijn. Tevens is nu de informatie actueel en zijn alle deskundigen nog bereikbaar. Na afloop van een project is de kans immers aanwezig dat projectleden werk buiten de organisatie krijgen.

Specifiek heeft de Hanzelijn als voordeel, dat er veel disciplines binnen Movares bij het project zijn betrokken, waardoor een goed beeld kan worden verkregen van de huidige werkwijze binnen Movares. Tevens is er nauwe interactie met ProRail. Als grote opdrachtgever voor Movares kunnen identificatie van eisen en verwachtingen ten aanzien van het proces van meerwaarde zijn. De casus HSL-Portugal heeft als nadeel dat er slechts een beperkt aantal deskundigen kunnen worden geïnterviewd, omdat het project wordt uitgevoerd op basis van detachering in Portugal. Het voordeel is echter dat in het project veel vrijheid was voor het opzetten van een SE framework in de projectorganisatie. Dit zou wellicht kunnen leiden tot nieuwe inzichten, omdat er geen directe gebondenheid was aan bijvoorbeeld de (bedrijfs)organisatie.

Voor de interviews zullen uitsluitend individuele interviews worden gehouden. De reden hiervoor is dat de individuele reacties centraal staan, waarbij de resultaten niet onderhevig moeten zijn aan het zogenoemde leader-effect; in tegenstelling tot een groepsinterview. Tevens kan door middel van individuele interviews de kennis van SE beter worden geanalyseerd, dan wanneer dit in een groepssetting zou gebeuren. De keuze voor het uitsluitend houden van individuele interviews in deze fase, zal worden aangevuld met een expert meeting in de laatste fase. De voordelen die het consulteren van een groep heeft, wordt dan alsnog belicht.

De interviews krijgen invulling door het zogenoemde topic-gestuurde interview te hanteren. Het heeft namelijk de voorkeur om voor de casestudies dezelfde opzet c.q. vragen te gebruiken, omdat de resultaten dan beter kunnen worden vergeleken. Daarnaast biedt het topic-gestuurde interview flexibiliteit, dat wenselijk is gezien het feit dat de expertise van de deskundigen kan variëren. Het interview heeft invulling gekregen in de vorm van een interviewschema (zie Bijlage 3).

Tot slot zal naast het verzamelen van data middels interviews, ook data worden verkregen via documentenstudie. Hierbij is het belangrijk dat de documenten informatie geven dat gerelateerd is aan het proces. Inhoudelijke informatie in de vorm van bijvoorbeeld eisen zijn dus niet relevant, omdat deze invulling geven aan het proces. Om dezelfde reden is immers geconcludeerd dat stakeholders buiten beschouwing worden gelaten. Aangezien de projecten in uitvoering zijn, wordt verwacht dat het moeilijk zal zijn om deze documenten te verkrijgen.

Data-analyse

In paragraaf 4.2.1 is kort (theoretisch) ingegaan op de analyse van de verkregen data. Naar voren is gekomen dat de aard van het kwalitatieve onderzoek zich niet leent voor een kwantificerende analyse. Interpretatie zal van de resultaten zal daarom centraal staan. Mede door de keuze voor topic-gestuurde interviews, is interpretatie onontkoombaar. Interpretatie in de analyse van de resultaten komt op een tweetal punten naar voren, namelijk: (1) uitwerking van de interviews en (2) onderling vergelijk tussen de interviews.

Ingaande op het eerste punt, is getracht de kwaliteit van de resultaten te vergroten door alle uitwerkingen ter verificatie te overleggen aan de betreffende geïnterviewde deskundige. Hierdoor wordt zekerheid verkregen dat de uitwerkingen ook daadwerkelijk overeenkomen met de in het interview besproken aspecten, zodat fouten in de interpretatie worden geminimaliseerd.

Het tweede punt hangt samen met het verkrijgen van de conclusies. Op basis van interpretatie van de uitwerkingen van de interviews, zullen de resultaten worden geformuleerd. Expliciet wordt er (nog) niet gesproken van conclusies maar van resultaten, omdat een uitspraak van een deskundige nog niets zegt over de geldigheid van het resultaat. Dit is dan ook het volgende punt. Door de opgestelde resultaten te onderzoeken op mate van ondersteuning onder de geïnterviewde deskundigen binnen de casestudy, wordt meer of minder zekerheid verkregen over de geldigheid van de resultaten. In paragraaf 4.2.1 is dit ook wel aangeduid met het begrip 'pattern matching'.

De mate van geldigheid van de resultaten door onderling vergelijk, kan op verschillende manieren worden uitgedrukt. In Swanborn (1994) en Brinkman (1992) worden verschillende manieren om dit te meten besproken. Dit is echter een moeilijk punt, omdat in gedachte moet worden gehouden dat de analyse van de resultaten interpreterend en dus niet kwantificerend van aard is. Omdat in de voorgaande stappen de resultaten reeds interpreterend zijn geanalyseerd, is een harde kwantificering niet verantwoord. Dit is op de volgende wijze opgelost.

Om consistent te zijn in de werkwijze en daarmee ook in de analyse, zullen de resultaten van de interviews en de documentenstudie worden gecategoriseerd volgens de in procesbeschrijving onderscheiden (vier) procesfasen (zie figuur 17). Hieraan zal een categorie 'algemeen' worden toegevoegd, om uitspraken die betrekking hebben op het gehele proces onder te brengen. Vervolgens zal er een relatie worden gelegd met het 'framework casestudies' (zie figuur 18). Gesteld wordt dat de mate geldigheid van de resultaten afhankelijk is van de deskundigen die ook daadwerkelijk hierover iets zouden kunnen noemen. Op basis van het framework wordt inzichtelijk welke en daarmee hoeveel deskundigen een uitspraak voor een bepaalde procesfase zouden kunnen doen, wat dus indirect iets zegt over de mate van betrouwbaarheid van de resultaten. Omdat de resultaten op basis van interpretatie zijn verkregen, zullen de verhoudingen niet expliciet worden gekwantificeerd. Er zal worden gesproken van in 'meerdere' of in 'mindere mate'.

Tot op heden zijn uitsluitend de resultaten van de deskundigen binnen een casestudy met elkaar vergeleken. Om de mate van betrouwbaarheid van de resultaten te vergroten, zullen daarom de resultaten van de casestudy Hanzelijn, casestudy HSL-Portugal en de interviews met ProRail over de eisen en verwachtingen ten aanzien van het specificatieproces aan elkaar worden gerelateerd. Omdat er nu ook belangentegenstellingen meespelen (ProRail en Movares), zal de betrouwbaarheid extra worden vergroot wanneer er overeenkomsten zijn. In paragraaf 4.6 zal hier verder op worden ingegaan.

4.3 CASESTUDY – HANZELIJN

4.3.1 PROJECTINFORMATIE

De Hanzelijn verbindt in de toekomst Lelystad met Zwolle. Daarmee wordt het noorden en noordoosten vanuit met name de randstad makkelijker bereikbaar. Momenteel duurt een treinreis van de noordelijke randstad naar Groningen en Friesland langer dan per auto. De Hanzelijn moet deze reistijd aanzienlijk verkorten. Tevens moet de spoorverbinding een positieve impuls aan de regio geven en zorgen voor minder drukte op de Gooilijn (Amsterdam-Hilversum-Amersfoort) en de Veluwelijn (Amersfoort-Zwolle). Het traject van 50 kilometer is ontworpen voor een snelheid van 200 km/h, waardoor de reistijd van Lelystad naar Zwolle 30 minuten moet bedragen. Naast een reistijdreductie, moet het ook de economische ontwikkeling van het noorden, noordoosten en de provincie Flevoland bevorderen doordat goederenvervoer mogelijk wordt. Het gebruik van de bestaande route via de Gooi- en Veluwelijn vormt het nul/referentiealternatief.

Het tracé bestaat uit een tweetal delen, namelijk: Het Nieuwe Land (tussen Lelystad en het Drontmeer) en Het Oude Land (tussen kampen en Zwolle), zie Bijlage 3. Hierbij wordt bestaande infrastructuur aangepast, waaronder de aansluitingen bij Lelystad en Zwolle, maar ook nieuwe stations in Dronten en Kampen aangelegd.

Voor de uitvoering van het project is door ProRail als opdrachtgever geëist dat dit conform SE wordt uitgevoerd. Tevens is door ProRail de keuze gemaakt om het traject te verdelen in een aantal delen, waaronder (1) de aansluitingen, (2) de stations en (3) de green fields. Deze laatste groep betreft het spoortraject tussen de stations. Momenteel wordt uitsluitend aan de eerste twee delen gewerkt. Het laatste deel zal later in de vorm van een design en constructiecontract aan een aannemer worden gecontracteerd.

Voor Movares is dit een pilot-project, gezien het feit dat er tot op heden geen projecten volgens de werkwijze van SE zijn uitgevoerd. De kennis van SE zal middels dit pilot-project moeten worden ontwikkeld. Voordat Movares de opdracht voor de engineering van de aansluitingen en de stations gecontracteerd heeft gekregen, zijn er reeds door Arcadis op systeemniveau specificaties gemaakt. Aan Movares de opdracht om dit dus vanaf subsysteemniveau verder uit te werken. Aangezien de eisenspecificatie, als product van Arcadis, voor veel discussie en problemen in de uitwerking leidde, is besloten deze opnieuw op te stellen.

Ten tijde van uitvoering van de casestudy, is het project tot het ontwerp van beveiliging en bovenleiding gevorderd. Aangezien dus tot op heden nog niet toe gekomen is aan het verifiëren en valideren van de producten, zullen de resultaten voor deze fase beperkt zijn. Tevens zal het verkrijgen van informatie voor de identificatiefase moeilijk worden, omdat zoals aangegeven het project gestart is op subsysteemniveau.

4.3.2 INTERVIEWS

Voor de casestudy, zijn een aantal deskundigen bij Movares en ProRail geïnterviewd die direct betrokken zijn bij het project Hanzelijn. Zoals reeds aangegeven zullen de deskundigen worden bevraagd in relatie tot de rol zij hebben in één of meerdere fasen van het project (zie figuur 18). In tabel 6 is een overzicht te zien van de geïnterviewden bij Movares, tabel 7 voor de geïnterviewde bij ProRail.

Ter voorbereiding op de interviews hebben de deskundigen desgewenst informatie opgestuurd gekregen, waaronder het onderzoeksvorstel, de kernpunten (zie tabel 5) en de procesbeschrijving (zie figuur 17). Dit had tot doel om voor aanvang van het onderzoek de context van het onderzoek te begrijpen.

Voor het interview is het 'interviewschema praktijkstudie' gebruikt (zie Bijlage 3). Bij het opstellen van de vragen is enerzijds rekening gehouden met het feit dat een vergelijking met het theoretische specificatieproces mogelijk moet zijn. Anderzijds moest voor het beantwoorden van de interviewvragen geen specialistische voorkennis benodigd zijn van het theoretische specificatieproces. Dit heeft tot voordeel dat er van de deskundige weinig voorbereidingstijd wordt gevraagd en tevens (zuivere) empirische data verkregen.

De interviews zijn uitgewerkt in verhalende vorm (zie Bijlage 3). Dit heeft, in tegenstelling tot een puntsgewijze uitwerking, tot voordeel dat de besproken details nauwkeuriger kunnen worden beschreven. Er speelde echter ook een ander punt mee. Onder de geïnterviewden bleek de hoeveelheid kennis, met betrekking tot SE, aanzienlijk te variëren. Vasthouden aan een puntsgewijze uitwerking had te weinig flexibiliteit om op deze variëteit aan kennis te kunnen inspelen. Voor de resultaten wordt dit niet als negatief gezien, ware het niet dat deze uitwerking meer tijd vraagt voor de analyse.

tabel 6 – Geïnterviewde deskundigen Movares – casestudy Hanzelijn

| | Deskundige | Afdeling | Fase |
|----|------------------|--|---|
| 1. | ir. E. Sombekke | Projectmanagement | Identificatie- en verificatie- & validatiefase |
| 2. | ir. L. van Rooij | Stedelijke Knooppunten – Projectmanagement | Specificatie-, ontwerp- en verificatie- & validatiefase |
| 3. | ing. P. Boersma | Railtechniek – Processturing | Specificatie-, ontwerp- en verificatie- & validatiefase |
| 4. | ing. R. Stronks | Railtechniek – Ontwerp tractie- en energiesystemen | Specificatie- en ontwerpfase |
| 5. | ing. B. Haase | Railtechniek – Beveiliging | Ontwerpfase |

tabel 7 – Geïnterviewde deskundige ProRail - casestudy Hanzelijn

| | Deskundige | Afdeling | Fase |
|----|----------------------|-------------------|--|
| 1. | ir. M. van der Ploeg | Projectmanagement | Identificatie- en verificatie- & validatiefase |

4.3.3

DOCUMENTENSTUDIE

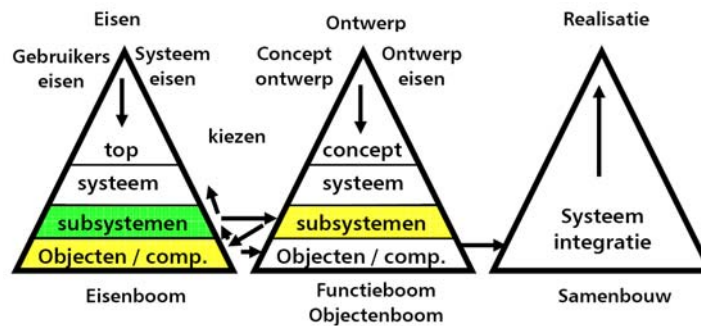
Voor de documentenstudie zullen een drietal documenten worden bekeken, namelijk: (1) het Project Kwaliteitsplan (Sombekke, 2005), (2) Systems Engineering cursus HZL-aansluitingen (Boersma & Engelmoer, 2006) en (3) Richtlijnen voor het railverkeerstechnisch ontwerp (RVTO) (Klarenbeek, 2004). Deze zullen hierna worden besproken.

Het Project Kwaliteitsplan (PKP) geeft een algemene beschrijving van de structuur voor het project Hanzelijn voor de engineeringfase. De rollen van de deskundigen worden beschreven en er wordt een vertaling gemaakt van de in de offerte aangeboden onderdelen naar een verantwoordelijke in het project. Ten aanzien van SE, wordt er een summier toelichting gegeven op: eisen, objectenboom en raakvlakken. De beschrijving is algemeen van aard, waardoor er toch vraagtekens komen ten aanzien van de concretisering van de (interne) kwaliteitsborging op het gebied van SE.

Verder wordt er explicieter aandacht gegeven aan een onderdeel dat de 'ontwerpverantwoording' wordt genoemd. Dit is in feite een processpecificatie, waarin de gemaakte ontwerpkeuzes en attentiepunten worden opgenomen. In het PKP is tevens een 'template' van een ontwerpverantwoording bijgevoegd (Sombekke, 2005).

Als tweede document is de binnen Movares gemaakte 'Systems Engineering cursus HZL-aansluitingen'. Om de kennis op het gebied van SE te verspreiden, is concreet voor de Hanzelijn een cursus gehouden en tekstueel uitgewerkt in de vorm van dit document.

Dit document geeft beknopt de SE werkwijze weer. In tegenstelling tot de PKP wordt er veel meer invulling aan het proces gegeven. Uitgangspunt voor het SE proces is het W-model, weergegeven in figuur 19. Hierin zijn de delen van het proces die zijn gecontracteerd gearceerd.



figuur 19 – Scope werkzaamheden HZL-aansluitingen (bron: Boersma & Engelmoer, 2006, p. 5)

Kijkend naar het proces, wordt er gestart aan de zijde van de eisen, die leiden tot een globaal ontwerp. Hiertoe wordt de functionaliteit gedefinieerd, die vervolgens door één of meerdere objecten (functievervullers) worden ingevuld. Hier wordt invulling aan gegeven door de eisen te koppelen aan functies. Vervolgens worden aan de functies één of meerdere functievervullers gekoppeld. Uit de keuze voor functievervuller ontstaan aanvullende eisen, die getoetst worden tegen de reeds bestaande eisen of ze niet conflicterend zijn met de bovenliggende eisen.

In het document wordt onderscheid gemaakt tussen een drietal categorieën eisen: (1) functionele eisen, (2) aspecteisen en (3) raakvlakeisen. Kritisch kijkend, worden er vraagtekens gezet bij de hantering van het begrip 'functionele eis'. In het voorgaande is duidelijk geworden dat er immers uitsluitend eisen aan functies worden gekoppeld. Er worden dus geen functionele eisen (expliciet) opgesteld.

Bij de categorie 'raakvlakeisen' wordt expliciet stilgestaan, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen externe en interne raakvlakeisen. Objecten kunnen een relatie met elkaar hebben door zogenoemde raakvlakken, die moeten worden geïdentificeerd. Gesteld wordt dat op basis van historische informatie is vastgesteld dat veel van de problemen op deze raakvlakken ontstaan door o.a. slechte afstemming (interne raakvlakeisen). Bijzondere raakvlakken zijn externe die op de projectgrens (van de opdracht) liggen. Dit in tegenstelling tot de interne raakvlakken tussen subsystemen of binnen subsystemen van de opdracht. Voor de raakvlakken, dienen zogenoemde raakvlakeisen te worden gedefinieerd, die tijdens het ontwerp moeten worden aangevuld.

Tot slot wordt in dit document aandacht besteed aan het ontwerpverantwoordingsdocument. Zoals in het vorige document als is besproken, gaat het om het vastleggen van de ontwerpkeuzes en attentiepunten van het ontwerp.

Interessant in dit geheel is de wijze waarop met varianten, in de vorm van mogelijke functievervullers, wordt omgegaan. Gesteld wordt dat een ontwerp met verschillende ontwerp oplossingen ieder voor- en nadelen hebben. De keuze voor een bepaalde functievervuller moet expliciet worden gemaakt. Dit wordt gedaan door de verschillende varianten te beschrijven en te wegen door middel van een variantenmatrix waar de verschillende ontwerpvarianten tegen elkaar worden afgezet op basis van de verschillende kenmerkende aspecten. Bij keuzes die een grote impact hebben op bepaalde aspecten wordt de opdrachtgever geconsulteerd. Na mondelinge toelichting van de ontwerper, kan de opdrachtgever de voorkeur geven aan een bepaalde variant. Dit alles wordt vastgelegd in het ontwerpverantwoordingsdocument (Boersma & Engelmoer, 2006).

Het laatste document is het Railverkeertechnisch Ontwerp (RVTO), dat door ProRail als hulpmiddel voor ingenieursbureaus is gemaakt. Dit document wordt opgesteld wanneer een functionele wijziging van de railinfrastructuur en/of het beveiligingssysteem gaat plaatsvinden. Het RVTO is bedoeld voor de vertaling van functionele eisen en wensen en de onderlinge samenhang waaraan een Voorlopig Ontwerp van bovenleiding, beveiliging en civiele lay-out voor een spoortraject moet voldoen. Het RVTO is niet specifiek opgesteld voor SE, maar wordt algeheel toegepast voor projecten in de spoorwereld (Klarenbeek, 2004).

Het RVTO bevat een aantal bijlagen, waarin een standaardtekst is opgenomen voor het opzetten en toetsen van het ontwerp, dat tevens moet worden ondertekend. Dit document moet dan ook niet zozeer worden gezien als een hulpmiddel zoals eerder is aangegeven, maar als een document met voorschriften voor het ontwerp.

4.3.4

ANALYSE

Op basis van de met de deskundigen geverifieerde uitwerkingen van de interviews en de documentenstudie, is er een analyse gemaakt. In paragraaf 4.2.2 is de opzet voor de uitvoering van de analyses reeds besproken. In vervolg daarop, zal er een toelichting worden gegeven op tabel 8 als analyse van de resultaten van de casestudy Hanzelijjn.

Allereerst zal nog aandacht worden besteed aan het verloop van de interviews. Dit verliep namelijk anders dan verwacht. In eerst instantie was er de intentie om de deskundigen te confronteren met de kernpunten als conclusies van het vorige hoofdstuk. Echter bleek dit niet praktisch, gezien het feit dat dit in verhouding tot de andere vragen veel tijd vroeg. Aangezien de deskundigen veelal weinig tijd hadden, werd dit problematisch. Een ander prominenter probleem, was het gebrek aan kennis onder de deskundigen waardoor een confrontatie met de kernpunten onmogelijk werd. Directe koppeling aan de kernpunten is daarmee niet mogelijk.

Als analyse van de resultaten van de interviews is tabel 8 gemaakt. Als uitgangspunt voor de tabel is er onderscheid gemaakt in een viertal procesfasen, aangevuld met een algemene categorie die betrekking heeft op resultaten die gerelateerd zijn aan het gehele proces. Deze categorieën zijn overgenomen van de in het theoretisch kader onderscheiden fasen. Hierdoor wordt vergelijk mogelijk.

De op basis van interpretatie verkregen resultaten, zijn in de categorieën ondergebracht en voorzien van een ID lopend van HZ0.1 t/m HZ4.2. In de tabel is een splitsing gemaakt tussen ondersteuning van enerzijds de documentenstudie, anderzijds de interviews. In paragraaf 4.2.2 is gesproken over de geldigheid van de resultaten door koppeling aan het ‘framework casestudies’. Dit heeft invulling gekregen door de donker grijze cellen, in de rij van de categorienaam. Wanneer dus in deze rij een cel donker grijs is gekleurd, betekent dit dat wordt geacht dat de betreffende deskundige hier uitspraak over kan doen in relatie tot zijn rol in het project. Als er ondersteuning van een deskundige is voor een resultaat en deze hierover uitspraak mag doen, wordt de cel groen gearceerd. Valt deze daarbuiten, dan wordt dit met rood aangegeven. Door het aantal groene cellen in verhouding te zetten met de donker grijze cellen, wordt er een mate van ondersteuning van het betreffende resultaat verkregen. Zoals reeds aangegeven, zullen deze verhoudingen niet expliciet worden gekwantificeerd, omdat de resultaten zijn verkregen op basis van interpretatie.

De mate van ondersteuning is onderverdeeld in een drietal groepen: (1) veel ondersteuning (groen), (2) weinig ondersteuning (oranje) en (3) nauwelijks ondersteuning (rood). De kleur van het ID geeft aan welke mate van ondersteuning aan het resultaat is toegekend.

tabel 8 – Analyse resultaten interviews Hanzelijjn gespecificeerd per deskundige

| Fase/ ID | Resultaat | Documentenstudie | Interviews | | | | | |
|--------------------|--|------------------|------------------|-------------|--------------|------------|------------|----------|
| | | | M. van der Ploeg | E. Sombekke | L. van Rooij | P. Boersma | R. Stronks | B. Haase |
| 0. Algemeen | | | | | | | | |
| HZ0.1 | Er is gebrek aan kennis en ervaring op het gebied van SE. | | | | | | | |
| HZ0.2 | Het maken van een contractuele knip tussen niveaus, bemoeilijkt de afstemming tussen de producten door verschil in werkwijze c.q. bedrijfsvoering van de opdrachtnemende partijen. | | | | | | | |
| HZ0.3 | Een procesbeschrijving kan binnen Movares van meerwaarde zijn en dienen als intern en extern communicatiemiddel. | | | | | | | |
| HZ0.4 | SE is van meerwaarde door het expliciete werken en de traceerbaarheid van eisen. | | | | | | | |
| HZ0.5 | Er is binnen het ingenieursbureau gebrek aan draagvlak om op expliciete wijze te werken. | | | | | | | |

| Fase/ ID | Resultaat | Documentenstudie | Interviews | | | | | | | |
|---|--|------------------|------------------|-------------|--------------|------------|------------|----------|--|--|
| | | | M. van der Ploeg | E. Sombekke | L. van Rooij | P. Boersma | R. Stronks | B. Haase | | |
| HZ0.6 | Door verschillende belangen bij ProRail, werkt dit verlamdend op de doelen van het project. | | | | | | | | | |
| 1. Identificatiefase | | | | | | | | | | |
| HZ1.1 | Communicatie van technische aspecten door een ingenieursbureau met stakeholders, via uitsluitend de opdrachtgever werkt misinterpretatie en informatieverlies in de hand. | | | | | | | | | |
| HZ1.2 | Het ingenieursbureau stelt zich reactief op richting de opdrachtgever. | | | | | | | | | |
| 2. Specificatiefase | | | | | | | | | | |
| HZ2.1 | Door impliciet om te gaan met het SE proces is er geen onderbouwde keuze voor de functionele architectuur. | | | | | | | | | |
| HZ2.2 | Er worden een drietal categorieën eisen onderscheiden: (1) functionele eisen, (2) aspect eisen en (3) raakvlakeisen. Prestatie-eisen worden geïntegreerd met de functionele eisen. | | | | | | | | | |
| HZ2.3 | De eisen worden gespecificeerd door koppeling van eisen aan functies, waarna functies aan functievervullers worden gekoppeld. | | | | | | | | | |
| HZ2.4 | Om het gevolgde proces expliciet te maken, wordt er een ontwerpverantwoording gemaakt. | | | | | | | | | |
| HZ2.5 | Interface-eisen zijn van meerwaarde door afstemming tussen disciplines. | | | | | | | | | |
| HZ2.6 | En zijn er (nog) geen toetsingscriteria voor de verificatie- en validatiefase opgesteld. | | | | | | | | | |
| 3. Ontwerpfase | | | | | | | | | | |
| HZ3.1 | Toepassing van SE heeft tot doel te komen tot een kostenreductie, waarbij niet wordt gestreefd naar productinnovatie. | | | | | | | | | |
| HZ3.2 | De ontwerpvrijheid voor technische ontwerpen wordt beperkt door voorschriften en regelgeving met als doel de risico's te reduceren. Hierdoor wordt er van ontwerp naar specificaties gedacht en gewerkt. | | | | | | | | | |
| HZ3.3 | Bestaande (rail)infrastructuur legt beperkingen op t.a.v. mogelijk toe te passen functievervullers. | | | | | | | | | |
| HZ3.4 | Om het gevolgde proces expliciet te maken, wordt er een ontwerpverantwoording gemaakt. | | | | | | | | | |
| 4. Verificatie- en validatiefase | | | | | | | | | | |
| HZ4.1 | De vertaling en controle van eisen tussen niveaus levert problemen op door inconsistenties in de (bovengelegen) producten. | | | | | | | | | |
| HZ4.2 | Doordat niet alle subsystemen voor het gehele traject gelijktijdig worden uitgevoerd, levert dit problemen op voor de afstemming t.a.v. de interfaces. | | | | | | | | | |

De volgende stap in de analyse, is het relateren van deze resultaten aan die van de resultaten van de casestudy HSL-Portugal en de interviews met ProRail over de eisen en verwachtingen omtrent het specificatieproces. In paragraaf 4.6 zal dit verder worden uitgewerkt, waarna definitieve uitspraak kan worden gedaan over de geldigheid van de resultaten van deze casestudy.

4.4 CASESTUDY – HSL-PORTUGAL

4.4.1 PROJECTINFORMATIE

Het project HSL-Portugal zal zowel een nationaal als internationaal netwerk voor het transport van passagiers en goederen moeten vormen. Als belangrijkste nationale verbinding heeft de projectorganisatie RAVE gesteld dat Lissabon met Porto moet worden verbonden (zie figuur 20). Aansluiting op het TEN (Trans European Network) moet bestaan uit een verbinding tussen Lissabon en Madrid en Aveiro en Salamanca. Aanleg van dit netwerk beslaat 1500 km HSL-spoor, dat moet worden aangelegd in 20 jaar; althans, dat was de intentie. Doordat aansturing van het proces en de ontwikkelingen van dit netwerk te ongestructureerd verliepen in relatie tot de

complexiteit, is dit netwerk opgesplitst. Hiervoor is Movares ingeschakeld om meer structuur aan te brengen, met als doel te komen tot een corridorkeuze. Dit alles was nodig om in aanmerking te komen voor de Europese subsidieaanvraag; Portugal kan immers het netwerk met geraamde kosten van 18 miljard euro niet zelf betalen. De opdracht aan Movares om tracéstudies, MER, voorlopige kostenraming en een overall planning te maken.

Omdat de projectorganisatie geen ervaring had met SE, waarbij het tevens ontbrak aan vigerende regelgeving op het gebied van het ontwerpen van spoor, was er alle (ontwerp)vrijheid. Dit in tegenstelling bij de Hanzelijn, waarbij ProRail veel vrijheid inperkte door voorschriften en regelingen.

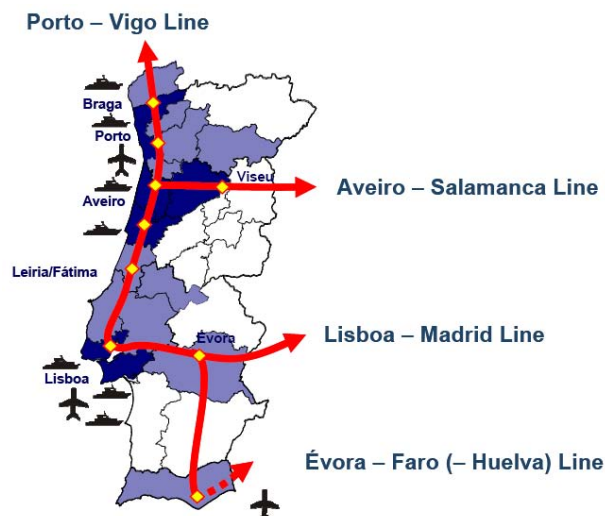
Bij het van start gaan van de opdracht, was het de intentie om uitsluitend spoor aan te leggen voor personenvervoer. Nadat na studies bleek dat er veel te weinig vervoersvraag was, is ook het goederenvervoer betrokken in het ontwerp. De havens in de buurt van de grote steden zouden zo ook gebruik kunnen maken van het HSL-netwerk.

4.4.2 INTERVIEWS

Voor de casestudy zijn een aantal deskundigen bij Movares geïnterviewd. Omdat het project wordt uitgevoerd in Portugal, bracht dit een geografische beperking met zich mee. Zo is er geen mogelijkheid tot het interviewen deskundigen aan de opdrachtgevende zijde. Tevens is het aantal mogelijk te interviewen deskundigen bij Movares beperkt tot drie personen. Echter gezien het feit dat de deskundigen een prominente rol vervullen binnen het project, kan er een goed beeld worden gevormd op de wijze waarop vanuit de opdrachtnemende zijde invulling is gegeven aan SE.

Evenals voor de casestudy Hanzelijn, is de rol die de deskundigen vervullen in het project gekoppeld aan een fase van de procesbeschrijving (zie figuur 18). Een overzicht van de geïnterviewde deskundigen is weergegeven in tabel 9, waarbij evenals voor de casestudy Hanzelijn het 'interviewschema praktijkstudie' is gehanteerd (zie Bijlage 3).

De uitwerkingen van de resultaten zijn ten aanzien van formulering en inhoud ter revisie naar de deskundigen gestuurd. Dit, ter voorkoming van fouten ten aanzien van interpretatie. Zie voor de uitwerkingen Bijlage 3.



figuur 20 - Netwerk lay-out HSL-Portugal (bron: Oorsprong, 2006)

tabel 9 – Geïnterviewde deskundigen Movares – casestudy HSL-Portugal

| | Deskundige | Professie | Fase |
|----|------------------|---------------------------------------|--|
| 1. | ir. J. Oorsprong | Vakgroep Projectmanagement | Identificatie-, specificatie- en ontwerpfase |
| 2. | ir. D. Vermeij | Afdeling Railtechniek – Processturing | Identificatie- en specificatiefase |
| 3. | ir. F. Behr | Infrastructuur – Advies Groep Verkeer | Ontwerpfase |

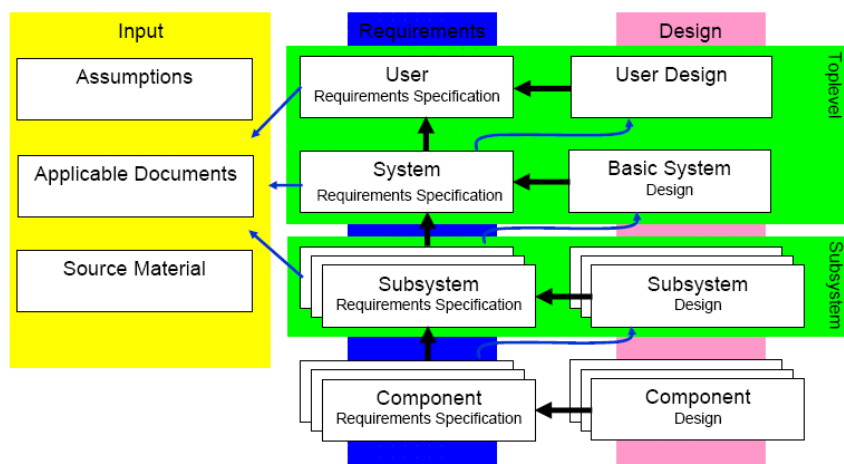
4.4.3 DOCUMENTENSTUDIE

Voor deze documentenstudie zal als belangrijkste document uitsluitend een presentatie over HSL-Portugal worden gebruikt.

De wijze waarop het proces is ontworpen, blijkt uit de informatiearchitectuur van figuur 21. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen eisen en ontwerp, die door verificatie- en validatie aan elkaar worden getoetst. Verder zitten er een tweetal opvallende onderdelen in deze architectuur, namelijk: (1) het toplevel niveau en (2) 'assumptions'.

Bij het eerste punt, op toplevel niveau, wordt er onderscheid gemaakt tussen 'user requirements specification' (URS) en 'system requirements specification' (SRS). De URS zijn opgesteld voor de opdrachtgever vanuit een adviserende rol, omdat de opdrachtgever zelf weinig deskundig is.

Het tweede punt betreft de aannamen die zijn gedaan voor eisen waar geen definitieve goedkeuring voor is gekregen, of waar nog onduidelijkheid over bestond. Door aannamen te doen kon verder worden gegaan met het proces, die later definitief kon worden gemaakt.



figuur 21 – Informatiearchitectuur HSL-Portugal (bron: presentatie Oorsprong, 2006)

Naast de informatiearchitectuur, is er veel aandacht besteed aan de interfaces. Hiertoe is er een 'interface management plan' opgesteld, dat tot doel had te komen tot vastlegging van taken en verantwoordelijkheden tussen disciplines en standaardisatie van het 'interface design'. In dit plan werd onderscheid gemaakt tussen interne en externe interfaces. De interne interfaces legt de relaties tussen subsystemen binnen het systeem, de externe interfaces betreffen de relaties tussen de systemen.

4.4.4 ANALYSE

De analyse voor de casestudy HSL-Portugal is op dezelfde wijze uitgevoerd als de analyse voor de casestudy Hanzelijn zoals in paragraaf 4.3.4 is besproken. Het feit is alleen dat het aantal mogelijk te interviewen deskundigen is gereduceerd tot drie. Echter zal het principe van het vaststellen van de betrouwbaarheid, door de mate van ondersteuning in verhouding te zetten tot het aantal deskundigen die hierover uitspraak zouden kunnen doen, worden gehandhaafd.

De resultaten zijn aan nieuwe ID's gekoppeld, lopend van HP0.1 t/m HP3.3.

tabel 10 - Analyse resultaten interviews HSL-Portugal gespecificeerd per deskundige

| Fase/ ID | groen = veel ondersteuning oranje = weinig ondersteuning rood = nauwelijks ondersteuning | Resultaten | Documentenstudie | Interviews | | |
|---|--|--|------------------|--------------|------------|---------|
| | | | | J. Oorsprong | D. Vermeij | F. Behr |
| 0. Algemeen | | | | | | |
| HP0.1 | | Een werkwijze volgens SE is van meerwaarde, doordat het proces expliciet kan worden gemaakt. | | | | |
| HP0.2 | | Beperkte kennis van SE onder de deskundigen bemoeilijkt implementatie van SE. | | | | |
| HP0.3 | | Door het ontbreken van draagvlak, was implementatie van SE moeilijk. | | | | |
| HP0.4 | | Het ontbreken van draagvlak komt voort doordat (systeem)technici moeilijk kunnen specificeren en civiel deskundigen zeggen dat een ontwerp niet te beschrijven is in eisen. | | | | |
| HP0.5 | | Een procesbeschrijving is van meerwaarde dat kan dienen als communicatiemiddel. | | | | |
| 1. Identificatiefase | | | | | | |
| HP1.1 | | Een weinig deskundige opdrachtgever bemoeilijkt de identificatie van eisen en behoeften, zorgt voor slechte sturing aan het proces en maakt verificatie en validatie van eisen moeilijk. | | | | |
| 2. Specificatiefase | | | | | | |
| HP2.1 | | Door aanwezigheid van ontwerpnormen wordt de noodzaak van specificeren niet ingezien, omdat alle eisen hier reeds in staan genoemd. | | | | |
| HP2.2 | | Het identificeren van de interface-eisen is nodig om taken en verantwoordelijkheden vast te leggen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen interne en externe interfaces. | | | | |
| 3. Ontwerpfase | | | | | | |
| HP3.1 | | Bij nieuwbouw is er in relatie tot bestaande reconstructie van bestaande infrastructuur, een grote ontwerpvrijheid. | | | | |
| HP3.2 | | Naast een top-down benadering, is ook een bottom-up werkwijze nodig om de "gaten" in de bovenliggende specificaties op te sporen. | | | | |
| HP3.3 | | Er wordt ontworpen vanuit de gedachte van toepassing van bestaande technologieën om de risico's te reduceren; er is dus geen intentie om ontwerpvrijheid te benutten. | | | | |
| 4. Verificatie- en validatiefase | | | | | | |
| | | N.v.t. | | | | |

Om de betrouwbaarheid van de resultaten verder te vergroten, zullen deze worden gerelateerd aan de resultaten van de casestudy Hanzelijn en de resultaten van de interviews met ProRail over de eisen en verwachtingen omtrent het specificatieproces. Dit zal verder worden uitgewerkt in paragraaf 4.6. Op basis daarvan zal de definitieve betrouwbaarheid van de resultaten worden vastgesteld.

4.5 EISEN EN VERWACHTINGEN PRORAIL FUNCTIONEEL SPECIFICATIEPROCES

4.5.1 INLEIDING

In de tot op heden verzamelde informatie is slechts beperkt aandacht besteed aan het belichten van verschillende invalshoeken c.q. perspectieven. Voor de casestudies Hanzelijn en HSL-Portugal is hoofdzakelijk gekeken vanuit het perspectief van Movares. Getracht is om tevens andere perspectieven in de casestudy te integreren, maar door beperkingen in de mogelijkheid te interviewen deskundigen is dit slechts beperkt gelukt.

In deze paragraaf zal daarom expliciet vanuit de rol van ProRail als opdrachtgevende partij worden gekeken naar de wensen en verwachtingen die er zijn omtrent het functioneel specificeren en ontwerpen in de context van SE. Door deze resultaten te relateren aan de resultaten die verkregen zijn middel de casestudies Hanzelijn en HSL-Portugal, wordt in onderzoekstechnische zin de betrouwbaarheid van de resultaten vergroot.

Daarnaast kan door het in kaart brengen van de eisen en verwachtingen, een concreter verbetervoorstel voor het proces binnen Movares worden opgesteld. In competitieve zin kan hier wellicht voordeel mee worden gedaan.

In deze paragraaf zal achtereenvolgens een beschrijving worden gegeven over de interviews en documentenstudie als methoden om informatie te verzamelen, waarna deze zullen worden geanalyseerd.

4.5.2 INTERVIEWS PRORAIL

Om de informatie ten aanzien van de eisen en verwachtingen van ProRail te verkrijgen, zijn er interviews gehouden onder deskundigen die bij verschillende departementen van ProRail werkzaam zijn. De keuze voor verschillende departementen moet een algemeen beeld geven van de organisatie bij ProRail.

Voor de opzet zullen dezelfde uitgangspunten, zoals beschreven in paragraaf 4.3.2, worden gehanteerd als die van de casestudies. De vragen in de vorm van topics zijn alleen gewijzigd. Als leidraad voor de interviews is het 'Interviewschema ProRail functioneel specificeren' opgesteld, zie Bijlage 3. De deskundigen die zijn geïnterviewd, zijn weergegeven in de onderstaande tabel. De uitwerkingen van de interviews zijn toegevoegd aan Bijlage 3.

tabel 11 – Geïnterviewde deskundigen Movares – casestudy HSL-Portugal

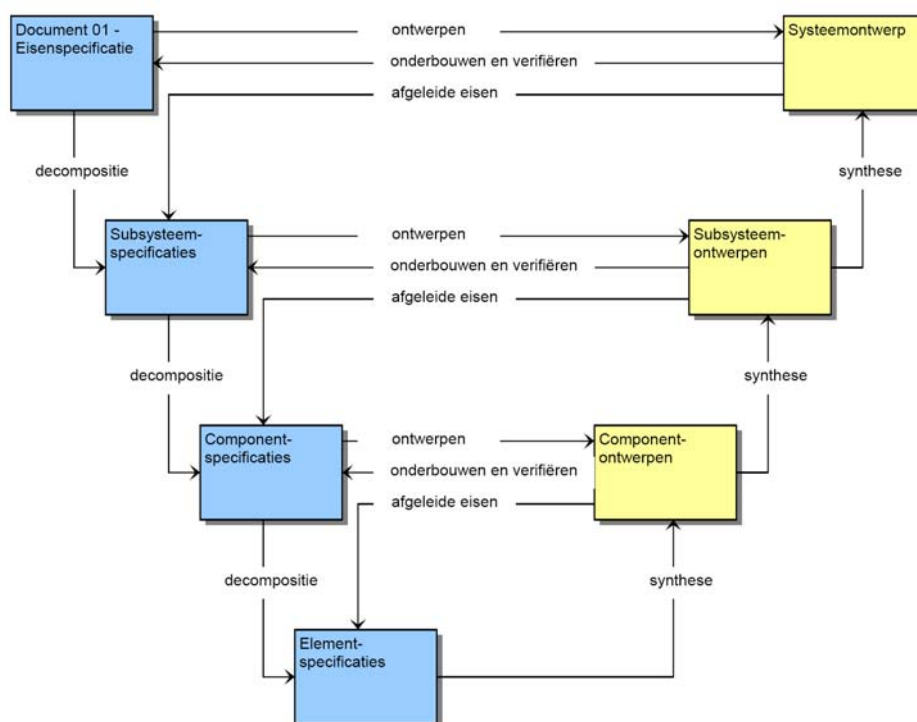
| | Deskundige | Afdeling |
|----|-----------------------|--|
| 1. | drs. C. Meijneken | Projectmanagement – Infraprojecten |
| 2. | ir. R. van der Rest | Projectmanagement – Infraprojecten |
| 3. | ing. J. van den Berge | Projectmanagement – Spoorontwikkeling |
| 4. | drs. P. Stam | Planvorming & Infra – Spoorontwikkeling |
| 5. | ir. P. Brouwer | Aanbestedingszaken, Kostenmanagement en Inkoop |

4.5.3 DOCUMENTENSTUDIE

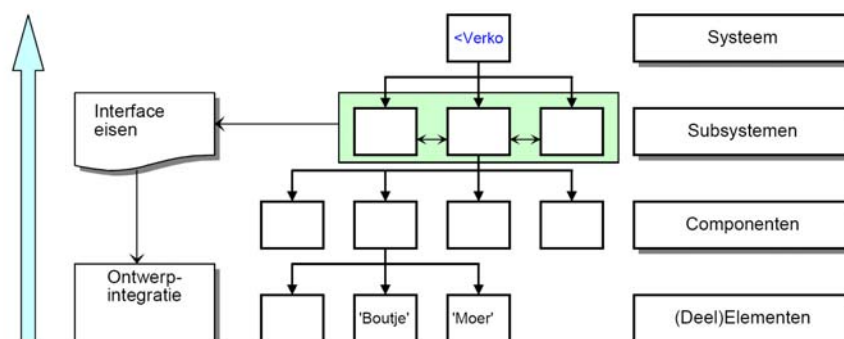
Uit de interviews is gebleken dat ProRail als opdrachtgevende partij, eisen stelt aan het proces van de opdrachtnemende partij middels een 'Statement of Work' (SOW). Deze vraagspecificatie beschrijft de wijze waarop het project zal worden uitgevoerd; beantwoording dus van de 'hoe' vraag. Dit is interessant gezien het feit dat de focus niet ligt op de inhoud, maar op het proces dat dus aansluit op het onderzoek. Omdat het SOW een contractdocument is (in de vorm van een template), is het relevant dit document te analyseren.

In het SOW worden eisen ten aanzien van het proces gesteld, waarbij de engineering plaats dient te vinden conform de procedures, weergegeven in figuur 22 en figuur 23. Als toelichting op dit figuur, worden de volgende eisen gesteld (Veldhuizen, 2005):

- Basisprincipe is dat 'document 01 - Eisenspecificatie' alle eisen bevat waarmee een systeemontwerp kan worden gegenereerd en waaraan dit systeemontwerp dient te voldoen;
- Het ontwerpproces dient een System-Breakdown-Structure (SBS) op te leveren met daaraan gekoppelde deelspecificaties en ontwerpdocumenten;
- Ieder onderdeel van de SBS heeft een uniek nummer en titel;
- De onderdelen van de SBS bestaan uit functievervullers voor de functies in de functieboom en de door middel van functionele analyse afgeleide functies;
- De interfaces tussen onderdelen van de SBS dienen beheerst te worden door het afleiden van interface-eisen en het voldoen aan deze eisen (ontwerpintegratie);
- De opdrachtnemer dient de raakvlakken tussen de objecten te beheersen, zodanig dat de onderdelen fysiek en functioneel op elkaar aansluiten;
- Ontwerpen gekoppeld aan de SBS dienen na iedere decompositie bottom-up gevalideerd te worden om vast te stellen dat het totale ontwerp voldoet aan de door ProRail gewenste tijdelijke en definitieve situatie.



figuur 22 – Ontwerpproces ProRail in SOW (bron: Veldhuizen, 2005, p. 88)



figuur 23 – System-Breakdown Structure (SBS) ProRail in SOW (bron: Veldhuizen, 2005, p. 88)

4.5.4

ANALYSE

De analyse van de interviews is op dezelfde wijze uitgevoerd als die van de casestudy Hanzelijn en HSL-Portugal (zie paragrafen 4.3.4 en 4.4.4). De resultaten zijn gekoppeld aan ID's, lopend van PR0.1 t/m PR3.2.

Voor deze interviews is echter geen framework gemaakt, waardoor er geen koppeling kan worden gemaakt tussen de deskundigen en de procesfasen. Er wordt namelijk verondersteld dat alle geïnterviewde deskundigen bij ProRail qua expertise uitspraken kunnen doen over de eisen en verwachtingen ten aanzien van het specificatieproces. Immers zijn de deskundigen, in tegenstelling tot de casestudies Hanzelijn en HSL-Portugal, niet gekoppeld aan een project waar een deskundige slechts in bepaalde fase(n) actief is. Daarom zijn alle cellen in de rij van de categorienaam donker grijs gearceerd.

tabel 12 - Analyse en validatie conclusies interviews ProRail gespecificeerd per geïnterviewde

| ID | Conclusie | Documentenstudie | Interviews | | | | |
|--------------------|---|------------------|--------------|-----------------|------------------|---------|------------|
| | | | C. Meijneken | R. van der Rest | J. van den Berge | P. Stam | P. Brouwer |
| 0. Algemeen | | | | | | | |
| PRO.1 | SE wordt niet ProRail breed ondersteund, waardoor communicatie van opdrachtnemende partijen richting ProRail wordt bemoeilijkt. | | | | | | |
| PRO.2 | Implementatie van SE is van meerwaarde doordat expliciet wordt gewerkt, waardoor structuur en eenduidigheid wordt gecreëerd. Hierdoor is het mogelijk verantwoording af te kunnen leggen naar hoger management en politiek. | | | | | | |
| PRO.3 | De procesbeschrijving kan van meerwaarde zijn door het creëren van structuur en kan fungeren als communicatiemiddel. | | | | | | |
| PRO.4 | De belangrijkste beperkingen voor implementatie van SE zijn het ontbreken van kennis en ervaring bij opdrachtgevende en opdrachtnemende partijen. | | | | | | |
| PRO.5 | ProRail stelt procesmatige eisen richting opdrachtgevende partij middels een 'statement of work' (SOW) en een eisenspecificatie. | | | | | | |
| PRO.6 | De mate waarin eisen aan het proces van de opdrachtnemende partij worden gesteld, is afhankelijk van de risico's die worden geïdentificeerd. | | | | | | |
| PRO.7 | Doordat ProRail een andere rol aanneemt en daarmee afhankelijker wordt van technische expertise, speelt het hebben van vertrouwen in het proces en de producten van de opdrachtnemende partij een grote rol. | | | | | | |
| PRO.8 | Beperkte implementatie van SE is te wijten aan beperkte technische kennis door deskundigen op het gebied van SE enerzijds en beperkte abstracte domeinkennis van SE bij technici anderzijds. | | | | | | |
| PRO.9 | SE is voor ProRail: (1) nuttig voor complexe projecten, (2) nodig omdat zij infrabeheerder is van het spoor wat vraagt om een life-cyclebenadering en (3) noodzakelijk omdat verantwoording moet worden afgelegd. | | | | | | |
| PRO.10 | Om de eenduidigheid en interoperabiliteit te vergroten, wordt er gestreefd naar aansluiting bij internationale standaarden. | | | | | | |

| ID | groen = veel ondersteuning oranje = weinig ondersteuning rood = nauwelijks ondersteuning | Conclusie | Documentenstudie | Interviews | | | | |
|---|--|---|------------------|--------------|-----------------|------------------|---------|------------|
| | | | | C. Meijneken | R. van der Rest | J. van den Berge | P. Stam | P. Brouwer |
| 1. Identificatiefase | | | | | | | | |
| PR1.1 | | Opdrachtnemende partijen zouden meer (pro-actief) moeten aansluiten bij de wensen van de opdrachtgevende partij. | | | | | | |
| PR1.2 | | ProRail heeft de regie voor de identificatie en communicatie met stakeholders. Overleg van opdrachtnemende partijen met stakeholders dient te lopen via ProRail. | | | | | | |
| 2. Specificatiefase | | | | | | | | |
| PR2.1 | | In de specificaties worden een drietal categorieën eisen onderscheiden: (1) functionele eisen, (2) aspect eisen en (3) raakvlakeisen. De prestatie-eisen zijn bij de eerste groep geïntegreerd. | | | | | | |
| PR2.2 | | ProRail moet zelf haar eisen en wensen specificeren in specificaties, zonder tussenkomst van een ingenieursbureau. | | | | | | |
| PR2.3 | | Interface-eisen dienen te worden opgesteld en te worden beheerst. | | | | | | |
| 3. Ontwerpfase | | | | | | | | |
| PR3.1 | | Bestaande projecten hebben meer beperkingen t.a.v. ontwerp en uitvoering dan nieuwbouw. | | | | | | |
| PR3.2 | | SE kan beter worden benut door creatiever, in de vorm van varianten, om te gaan met de beperkingen in de regelgeving. | | | | | | |
| 4. Verificatie- en validatiefase | | | | | | | | |
| | | Geen | | | | | | |

4.6 RELATEREN DATA

Om de kwaliteit en de betrouwbaarheid van de verkregen resultaten te vergroten, zullen tabel 8, tabel 10 en tabel 12 aan elkaar worden gerelateerd. Door het identificeren van mogelijke relaties wordt duidelijk welke resultaten elkaar ondersteunen, waardoor de betrouwbaarheid van de conclusies wordt vergroot. Echter is het ook mogelijk dat resultaten met elkaar in strijd zijn. Hierdoor neemt de betrouwbaarheid van het betreffende resultaat af en wordt de betrouwbaarheid van de conclusies overall vergroot.

Het proces van relateren heeft tot doel vaststelling van de definitieve validiteit van alle resultaten. Dit zal worden doorlopen in een drietal stappen, weergegeven in figuur 24.

De eerste stap start met een inventarisatie van de resultaten van de casestudies en de interviews met ProRail. De mate van betrouwbaarheid van de resultaten is overgenomen uit de bovengenoemde tabellen, aangegeven door een kleur. Aan de linkerkant van de ID's, is de mate van ondersteuning schematisch weergegeven, dat moet worden gelezen van rechts naar links. Het aantal groene hokjes is de mate van ondersteuning, waarbij de donker grijze hokjes plus het aantal groene hokjes de totaal mogelijke ondersteuning is. Apart van de interviews is de ondersteuning van de documentenstudie weergegeven. Deze inventarisatie bevat geen nieuwe informatie, maar heeft tot doel een totaaloverzicht te geven van de mate van ondersteuning, in combinatie met de mogelijke relaties, waardoor makkelijker de definitieve geldigheid kan worden vastgesteld.

In de tweede stap worden de resultaten aan elkaar gerelateerd. Allereerst dient er een toelichting te worden gegeven op de blauwe arcering. Deze is aangebracht om relaties tussen resultaten binnen een casestudy of binnen de interviews met ProRail te vermijden. In principe zullen er geen relaties zijn, omdat overeenkomende resultaten reeds zijn geïntegreerd. Toch kan het zo zijn dat de resultaten raakvlakken hebben. Om vergroting van de betrouwbaarheid door relaties binnen een casestudy te voorkomen, is de arcering aangebracht.

Verder kan uit figuur 24 worden afgeleid, dat uitsluitend de resultaten binnen een procesfase aan elkaar zijn gerelateerd. Dit is gedaan om te voorkomen dat de interpretaties van resultaten uit verschillende contexten met elkaar worden vergeleken. De procesfasen vormen dan wel een nauw iteratief proces, maar zijn wel degelijk aparte fasen. Op basis daarvan is immers ook de indeling van het 'framework casestudies' (zie figuur 18) gemaakt.

Als laatste stap in dit proces, is allereerst de definitieve betrouwbaarheid van de resultaten in de vorm van conclusies vastgesteld door de mate van betrouwbaarheid van stap 1 te combineren met de mogelijk aanwezige relaties uit stap 2. Zoals al eerder is betoogd, kan dit niet op statistische basis, maar dient dit op interpreterende wijze te worden vastgesteld.

Vervolgens zijn de conclusies onderverdeeld in een tweetal categorieën, namelijk: (1) knelpunten en (2) constatering. Hiertoe is gekomen door de aard van de conclusies te analyseren. Het maken van dit onderscheid is nodig om in het volgende hoofdstuk concretere uitspraken te kunnen doen over mogelijke punten voor verbetering. Het is dan immers nodig te weten of het gaat om een probleem of een 'gegeven'.

Het maken van het onderscheid ligt ook in een ander punt, namelijk de mogelijkheid om de relatie te kunnen leggen tussen de beschreven literatuur van Pohl (1994) zoals in paragraaf 3.3 is beschreven, omtrent de dimensies van het RE proces. Hierin is gesteld dat knelpunten die voortkomen uit het RE proces, gerelateerd zijn aan de onderscheiden dimensies van specificatie, representatie en overeenstemming. Daarnaast wordt de categorie van omgevingsfactoren onderscheiden. Wanneer een knelpunt voortkomt uit het RE proces, moet deze gerelateerd zijn aan één van de drie dimensies. Komt het knelpunt voort uit een omgevingsfactor, dan ligt het probleem dus niet in het RE proces.

Op basis hiervan wordt het mogelijk de knelpunten te koppelen aan één van de vier categorieën. Uiteraard moet in de uitspraken rekening worden gehouden met de mate van betrouwbaarheid, die voor de conclusies reeds is vastgesteld.

Op basis van het doorlopen proces, kan worden gekomen tot de conclusies voor de drie deelvragen. Belangrijk is echter te beseffen dat de conclusies in onderlinge samenhang tot stand zijn gekomen en daarmee dus niet los van elkaar kunnen worden gezien.

In feite zouden de conclusies voor die resultaten die één of meerdere relaties hebben met andere onderdelen kunnen worden geïntegreerd; dit zijn immers dubbele resultaten. In deze fase van het onderzoek is dat echter nog niet gedaan, omdat de deelvragen per onderdeel (casestudy of interviews met ProRail) dienen te worden beantwoord. In het volgende hoofdstuk zal deze integratie wel worden uitgevoerd.

| Fase | Stap 3 | | | | Stap 1 | | Stap 2 | |
|----------------------------------|-----------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|------------|--------|---|
| | Stap 3.2 | | | Stap 3.1 | | Stap 1.1 | | Stap 1.2 |
| | Dimensies Pohl (1994) | | | Conclusie* | Documentenstudie | Interviews | | ID |
| | 1. Specificatie | 2. Representatie | 3. Overeenstemming | | | | | |
| 0. Algemeen | | | X | knelpunt | | | HZ0.1 | <p>overeenkomend sluiten elkaar uit</p> |
| | | | X | knelpunt | | | HZ0.2 | |
| | | | | constatering | | | HZ0.3 | |
| | | | | constatering | | | HZ0.4 | |
| | | | X | knelpunt | | | HZ0.5 | |
| | | | X | knelpunt | | | HZ0.6 | |
| | | | | constatering | | | HP0.1 | |
| | | | X | knelpunt | | | HP0.2 | |
| | | | X | knelpunt | | | HP0.3 | |
| | | | | constatering | | | HP0.4 | |
| | | | | constatering | | | HP0.5 | |
| | | | X | knelpunt | | | PR0.1 | |
| | | | | constatering | | | PR0.2 | |
| | | | | constatering | | | PR0.3 | |
| | | | X | knelpunt | | | PR0.4 | |
| | | | | constatering | | | PR0.5 | |
| | | | | constatering | | | PR0.6 | |
| | | | | constatering | | | PR0.7 | |
| | | | X | knelpunt | | | PR0.8 | |
| | | | | constatering | | | PR0.9 | |
| | | | constatering | | | PR0.10 | | |
| 1. Identificatiefase | | X | | knelpunt | | | HZ1.1 | |
| | | | X | knelpunt | | | HZ1.2 | |
| | | | X | knelpunt | | | HP1.1 | |
| | | | X | knelpunt | | | PR1.1 | |
| 2. Specificatiefase | | | | constatering | | | PR1.2 | |
| | X | | | knelpunt | | | HZ2.1 | |
| | | | | constatering | | | HZ2.2 | |
| | | | | constatering | | | HZ2.3 | |
| | | | | constatering | | | HZ2.4 | |
| | | | | constatering | | | HZ2.5 | |
| | | X | | knelpunt | | | HZ2.6 | |
| | | | | knelpunt | | | HP2.1 | |
| | | | | constatering | | | HP2.2 | |
| | | | | constatering | | | PR2.1 | |
| 3. Ontwerpfase | | | | constatering | | | PR2.2 | |
| | | | | constatering | | | PR2.3 | |
| | X | | | knelpunt | | | HZ3.1 | |
| | | | | constatering | | | HZ3.2 | |
| | | | | constatering | | | HZ3.3 | |
| | | | | constatering | | | HZ3.4 | |
| | | | | constatering | | | HP3.1 | |
| | | | | constatering | | | HP3.2 | |
| | | | | constatering | | | HP3.3 | |
| | | | | constatering | | | PR3.1 | |
| 4. Verificatie- en validatiefase | | | | constatering | | | PR3.2 | |
| | | | | knelpunt | | | HZ4.1 | |
| | | | | knelpunt | | | HZ4.2 | |

Resultaten* : de definitieve geldigheid van de resultaten (aangegeven door kleuren), zijn een combinatie van de mate van ondersteuning van de stappen 1 en 2. De validiteit van stap 2 kan de validiteit van stap 1 positief danwel negatief beïnvloeden.

figuur 24 – Relateren resultaten interviews en vaststellen mate van betrouwbaarheid conclusies

4.7

DEELCONCLUSIE

In dit hoofdstuk is de huidige wijze van functioneel specificeren voor de casestudies Hanzelijn en HSL-Portugal en de eisen en verwachtingen van ProRail ten aanzien van het specificatieproces onderzocht. Naar aanleiding hiervan kan antwoord worden gegeven op de tweede centrale vraag, namelijk:

Op welke wijze wordt in de huidige situatie invulling gegeven aan het functioneel specificatieproces binnen Movares en welke eisen worden vanuit ProRail hieraan gesteld?

Om te beginnen wordt implementatie van SE door Movares en ProRail van meerwaarde gezien door de expliciete wijze van werken. Hierdoor is traceerbaarheid van eisen mogelijk en kan er verantwoording worden afgelegd over de gemaakte keuzes.

Binnen Movares wordt er invulling gegeven aan het functioneel specificatieproces middels het V-model, waarbij onderscheid wordt gemaakt in enerzijds de eisen en anderzijds het ontwerp. Door decompositie wordt er van abstract naar gedetailleerd gewerkt, waarbij door verificatie wordt gekeken of de eisen en/of het ontwerp past binnen de bovengelegen eisen en het gemaakte ontwerp.

Verder kan worden geconcludeerd dat er zowel bij Movares als bij ProRail beperkte (diepgaande) kennis en ervaring is op het gebied van SE. Door het ontbreken van een gestructureerd overzicht is er geen eenduidige wijze van uitvoering van het proces. Een grote meerderheid van de ondervraagden geeft dan ook aan dat een procesbeschrijving van meerwaarde kan zijn, dat met name kan dienen als intern en extern communicatiemiddel.

De knelpunten die voortkomen uit het proces, zijn gerelateerd aan de in paragraaf 3.3 beschreven dimensies van Pohl. Hieruit kan echter geen eenduidige conclusie worden getrokken. Wel kan worden gesteld dat de omgevingsfactoren, dimensie van overeenstemming en de dimensie van specificatie overheersen. Er geen knelpunten gevonden die gerelateerd zijn aan de dimensie van representatie.

Vanuit ProRail worden in het 'statement of work' een beperkt aantal eisen gesteld aan het functioneel specificatieproces van Movares. Belangrijkste is het werken volgens het V-model en onderscheid te maken in een drietal categorieën eisen: (1) functionele eisen, (2) aspect eisen en (3) raakvlakkeisen.

Specifiek kijkend naar de casestudy Hanzelijn, kunnen er conclusies worden getrokken voor deelvraag 2a. Deze vraag luidt als volgt:

Welke constatering kunnen worden gedaan en welke knelpunten kunnen worden geïdentificeerd over de wijze waarop invulling wordt gegeven aan het functioneel specificatieproces binnen de casus Hanzelijn?

In het algemeen kan, met een meerdere mate van betrouwbaarheid, worden geconstateerd dat SE van meerwaarde is door de expliciete werkwijze en de traceerbaarheid van eisen. Echter door een gebrek aan (diepgaande) kennis en ervaring op het gebied van SE wordt de implementatie van SE bemoeilijkt. Een procesbeschrijving kan binnen Movares van meerwaarde zijn en zowel dienen als intern als extern communicatiemiddel.

Verder kan worden gesteld, dat echter in mindere mate wordt ondersteund, dat er binnen het ingenieursbureau gebrek is aan draagvlak om op expliciete wijze te werken, met name onder de ontwerpers. Daarnaast zorgt interne verdeeldheid over SE bij ProRail voor een verlamme werking op de doelen van de projecten. Tot slot kan het maken van een contractuele knip tussen niveaus waarbij de delen door verschillende marktpartijen wordt uitgevoerd het proces bemoeilijken, met name in de afstemming tussen de producten door een verschil in werkwijze c.q. bedrijfsvoering van de uitvoerde partijen.

Specifieker, kunnen er conclusies worden getrokken voor de procesfasen die in het theoretisch functioneel specificatieproces zijn onderscheiden (zie tabel 13). De resultaten zijn in meerdere mate betrouwbaar bevonden, met uitzondering van de resultaten die oranje zijn gekleurd, die worden in mindere mate betrouwbaar geacht.

tabel 13 – Constateringen en knelpunten casestudy Hanzelijn voor het huidig functioneel specificatieproces

| Constateringen | Knelpunten |
|--|--|
| 1. Identificatiefase | |
| Geen | Communicatie van technische aspecten door een ingenieurbureau met stakeholders, via uitsluitend de opdrachtgever werkt misinterpretatie en informatieverlies in de hand. |
| Geen | Het ingenieurbureau stelt zich reactief op richting de opdrachtgever. |
| 2. Specificatiefase | |
| Er worden een drietal categorieën eisen onderscheiden: (1) functionele eisen, (2) aspect eisen en (3) raakvlakeisen. Prestatie-eisen worden geïntegreerd met de functionele eisen. | Door impliciet om te gaan met het SE proces is er geen onderbouwde keuze voor de functionele architectuur. |
| De eisen worden gespecificeerd door koppeling van eisen aan functies, waarna functies aan functievervullers worden gekoppeld. | Er zijn (nog) geen toetsingscriteria voor de verificatie- en validatiefase opgesteld. |
| Om het gevolgde proces expliciet te maken, wordt er een ontwerpverantwoording gemaakt. | Geen |
| Interface-eisen zijn van meerwaarde door afstemming tussen disciplines. | Geen |
| 3. Ontwerpfase | |
| Toepassing van SE heeft tot doel te komen tot een kostenreductie, waarbij niet wordt gestreefd naar productinnovatie. | De ontwerpvrijheid voor technische ontwerpen wordt beperkt door voorschriften en regelgeving met als doel de risico's te reduceren. Hierdoor wordt er van ontwerp naar specificaties gedacht en gewerkt. |
| Bestaande (rail)infrastructuur legt beperkingen op t.a.v. mogelijk toe te passen functievervullers. | Geen |
| Om het gevolgde proces expliciet te maken, wordt er een ontwerpverantwoording gemaakt. | Geen |
| 4. Verificatie- en validatiefase | |
| Geen | Geen |

Voor de casestudy HSL-Portugal, kunnen conclusies worden getrokken als antwoord op deelvraag 2b. Deze vraag luidt als volgt:

Welke constateringen kunnen worden gedaan en welke knelpunten kunnen worden geïdentificeerd over de wijze waarop invulling wordt gegeven aan het functioneel specificatieproces binnen de casus HSL-Portugal?

In het algemeen kan, met een meerdere mate van betrouwbaarheid, worden geconstateerd dat een werkwijze volgens SE van meerwaarde is doordat het proces expliciet kan worden gemaakt. Er is echter wel beperkte kennis van SE, waardoor de implementatie wordt bemoeilijkt. Hiertoe kan de procesbeschrijving van meerwaarde zijn, dat kan dienen als communicatiemiddel.

Daarnaast kan worden gesteld, echter met een mindere mate van betrouwbaarheid, dat de implementatie van SE wordt bemoeilijkt door het ontbreken van draagvlak onder de deskundigen. Het ontbreken van draagvlak kan voortkomen uit het feit dat (systeem)technici moeite hebben met het specificeren van eisen en civiel deskundigen vanuit principe stellen dat een ontwerp niet te beschrijven is in eisen.

Specifieker, kunnen er conclusies worden getrokken voor de procesfasen die in het theoretisch functioneel specificatieproces zijn onderscheiden (zie tabel 14). De resultaten zijn in meerdere mate betrouwbaar bevonden, met uitzondering van de resultaten die oranje zijn gekleurd, die worden in mindere mate betrouwbaar geacht.

tabel 14 – Constateringen en knelpunten casestudy HSL-Portugal voor het huidig functioneel specificatieproces

| Constateringen | Knelpunten |
|---|--|
| 1. Identificatiefase | |
| Geen | Een weinig deskundige opdrachtgever bemoeilijkt de identificatie van eisen en behoeften, zorgt voor slechte sturing aan het proces en maakt verificatie en validatie van eisen moeilijk. |
| 2. Specificatiefase | |
| Het identificeren van de interface-eisen is nodig om taken en verantwoordelijkheden vast te leggen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen interne en externe interfaces. | Geen |
| 3. Ontwerpfase | |
| Bij nieuwbouw is er in relatie tot bestaande reconstructie van bestaande infrastructuur, een grote ontwerpvrijheid. | Geen |
| Naast een top-down benadering, is ook een bottom-up werkwijze nodig om de "gaten" in de bovenliggende specificaties op te sporen. | Geen |
| Er wordt ontworpen vanuit de gedachte van toepassing van bestaande technologieën om de risico's te reduceren; er is dus geen intentie om ontwerpvrijheid te benutten. | Geen |
| 4. Verificatie- en validatiefase | |
| Geen | Geen |

Tot slot zijn de eisen en verwachtingen van ProRail ten aanzien van het functioneel specificatieproces onderzocht. Dit zal antwoord geven op deelvraag 2c, en luidt als volgt:

Welke verwachtingen en eisen heeft ProRail ten aanzien van het proces van functioneel specificeren voor Movares als opdrachtnemende partij?

Algemeen kan, met een meerdere mate van betrouwbaarheid, worden geconcludeerd dat implementatie van SE voor ProRail van meerwaarde is doordat expliciet kan worden gewerkt. Hierdoor wordt structuur en eenduidigheid gecreëerd. Tevens is het mogelijk om verantwoording af te leggen naar het hoger management en de politiek. Echter wordt SE niet ProRail breed ondersteund, waardoor communicatie met opdrachtnemende partijen wordt bemoeilijkt. De belangrijkste beperkingen voor implementatie is het ontbreken van kennis en ervaring, bij zowel ProRail als opdrachtnemende partijen. De procesbeschrijving kan hierbij van meerwaarde zijn, door het creëren van structuur en tevens kan fungeren als communicatiemiddel. Ten aanzien van het proces stelt ProRail een beperkt aantal eisen aan het functioneel specificatieproces van de opdrachtnemende partij, opgenomen in het 'statement of work'. Een belangrijke eis is dat het proces moet worden uitgevoerd conform het V-model.

Verder kan, echter met een mindere mate van betrouwbaarheid, worden gesteld dat beperkte implementatie van SE te wijten is aan beperkte technische expertise onder de deskundigen op het gebied van SE enerzijds en beperkte abstracte domein kennis door technici anderzijds.

Specifieker, kunnen er conclusies worden getrokken voor de procesfasen die in het theoretisch functioneel specificatieproces zijn onderscheiden (zie tabel 15). De resultaten zijn in meerdere mate betrouwbaar bevonden.

tabel 15 – Constateringen en knelpunten van ProRail voor het huidige functioneel specificatieproces

| Constateringen | Knelpunten |
|---|--|
| 1. Identificatiefase | |
| ProRail heeft de regie voor de identificatie en communicatie met stakeholders. Overleg van opdrachtnemende partijen met stakeholders dient te lopen via ProRail. | Opdrachtnemende partijen zouden meer (pro-actief) moeten aansluiten bij de wensen van de opdrachtgevende partij. |
| 2. Specificatiefase | |
| In de specificaties worden een drietal categorieën eisen onderscheiden: (1) functionele eisen, (2) aspect eisen en (3) raakvlakeisen. De prestatie-eisen zijn bij de eerste groep geïntegreerd. | Geen |
| Interface-eisen dienen te worden opgesteld en te worden beheerst. | Geen |
| 3. Ontwerpfase | |
| Bestaande projecten hebben meer beperkingen t.a.v. het ontwerp en uitvoering dan nieuwbouw. | Geen |
| 4. Verificatie- en validatiefase | |
| Geen | Geen |

5 Verbetervoorstel functioneel specificatieproces

5.1 INLEIDING

Om tot een verbetervoorstel te komen, dienen de conclusies uit hoofdstuk 3 van het theoretisch functioneel specificatieproces en de conclusies uit hoofdstuk 4 betreffende het huidig functioneel specificatieproces aan elkaar te worden geconfronteerd. Impliciet komt hier naar voren dat dit verbetervoorstel uit een tweetal onderdelen kan bestaan, namelijk: (1) verbetervoorstel voor het theoretisch functioneel specificatie proces en (2) verbetervoorstel voor het huidig functioneel specificatieproces.

In principe is het uitgangspunt c.q. doel van dit onderzoek het maken van een verbetervoorstel voor het huidig specificatieproces van Movares. De gedachte kan daarom leven dat alleen het tweede punt behoeft te worden uitgewerkt. Dit is echter een misvatting. Wanneer het maken van een verbetervoorstel voor het theoretisch kader achterwege wordt gelaten, zal praktische implementatie van de procesbeschrijving worden bemoeilijkt.

Om deze reden zullen dan ook beide onderdelen worden uitgewerkt. Dit zal gebeuren op basis van de in de procesbeschrijving onderscheiden (vier) procesfasen (zie figuur 17). Voor paragraaf 5.3 is hieraan een categorie 'algemeen' toegevoegd, waarin verbeterpunten voor het gehele proces zijn opgenomen.

Als conclusie van dit hoofdstuk is er een aangepaste procesbeschrijving gemaakt onder de naam 'verbetervoorstel functioneel specificatieproces'. Alle punten van verbetering, met uitzondering van de algemene punten, zijn verwerkt in deze beschrijving. Hiermee wordt antwoord gegeven op de derde centrale vraag, die als volgt luidt:

Welke verbeteringen kunnen voor het theoretisch en het huidig functioneel specificatieproces worden benoemd?

Er zal in de beschrijving niet (expliciet) naar de procesbeschrijving (zie figuur 25) worden verwezen, echter wetende dat voor dit gehele hoofdstuk hiernaar wordt gerefereerd.

5.2 VERBETERPUNTEN THEORETISCH FUNCTIONEEL SPECIFICATIEPROCES

5.2.1 FASE 1: IDENTIFICATIEFASE

In de procesbeschrijving is theoretisch uitgegaan van het feit dat zowel opdrachtgever als opdrachtnemer dezelfde doelen nastreven. Vanuit dit perspectief zou identificatie van stakeholders door beide partijen mogelijk zijn. De praktijk laat echter een ander beeld zien. ProRail heeft en wil de regie houden voor de identificatie van en communicatie met stakeholders. Hierdoor wordt door ProRail een prominente rol in het proces vervuld, dat bedoeld is om controle over het proces en kosten te houden.

De procesbeschrijving dient dus te worden aangepast op het punt dat identificatie van stakeholders uitsluitend wordt gedaan door een opdrachtgevende partij. De communicatie dient ook via deze lijn te lopen. Echter op lager niveau zou het kunnen zijn, om het probleem van miscommunicatie en informatieverlies in de interactie tussen opdrachtnemende en stakeholders te voorkomen, dat met medeweten van de opdrachtgevende partij directe communicatie mogelijk is. Daarom is in de aangepaste procesbeschrijving deze lijn gestippeld aangegeven.

5.2.2 FASE 2: SPECIFICATIEFASE

In de procesbeschrijving zijn binnen een niveau een tweetal te leveren producten opgenomen, namelijk een eisen- en een ontwerpspecificatie. Hierin staan respectievelijk de eisen waar aan moet worden voldaan en het ontwerp in de vorm van functievervullers die deze eisen vervullen. Echter is er geen beschrijving van het proces opgenomen.

De keuze zou kunnen worden gemaakt om de gemaakte keuzes ten aanzien van het proces op te nemen in de eisen- en ontwerpspecificatie. Echter om verwarring te voorkomen, is het beter om dit vast te leggen in apart document. Momenteel wordt voor dit document binnen

Movares de term ‘ontwerpverantwoording’ gebruikt. Om aan te sluiten bij de in de procesbeschrijving gehanteerde begrippen, heeft echter de naam ‘processpecificatie’ de voorkeur.

Het tweede punt betreft het expliciet maken van interface-eisen. De praktijk heeft bewezen dat dit een kritiek punt is in het proces. Aangezien deze categorie eisen niet zijn opgenomen in de procesbeschrijving, dient dit alsnog te worden opgenomen.

Binnen deze categorie kan onderscheid worden gemaakt tussen interne en externe interface-eisen. De interne interface-eisen spelen een rol in de afstemming tussen disciplines binnen Movares. Daarom dienen deze te worden opgenomen tussen de niveaus.

De externe interface-eisen zijn, evenals de randvoorwaarden, in interactie met de omgeving. Op elk niveau dient dus te worden gekeken of er relaties zijn met de omgeving die buiten de scope van het project valt.

5.2.3 FASE 3: ONTWERPFASE

Evenals voor de specificatiefase, dienen de gemaakte ontwerpkeuzes expliciet te worden vastgelegd. Zoals reeds beschreven, dient dit te worden opgenomen in een processpecificatie. Praktisch zou er voor kunnen worden gekozen om een document te maken waarin beide processpecificaties zijn opgenomen. Hierdoor zijn gemakkelijk relaties te leggen, die er gezien het iteratieve karakter van het proces zeker zullen zijn.

Wel dient te worden benadrukt dat de specificaties, evenals de procesfasen, apart moeten worden onderscheiden.

5.3 VERBETERPUNTEN HUIDIG FUNCTIONEEL SPECIFICATIEPROCES

5.3.1 ALGEMEEN

Een belangrijk en essentieel punt in het huidige specificatieproces is het ontbreken van (diepgaande) kennis en ervaring op het gebied van SE. Uiteraard kan het punt van ervaring niet worden verbeterd, het punt van kennis daarentegen zeker. Dit is immers een belangrijke drijfveer voor Movares als ingenieurs- en adviesbureau.

Een vergroting van de kennis geeft naast deskundigheid, mogelijkheden om pro-actief in te spelen op de wensen en behoeften van opdrachtgevende partijen. De roep om deskundigen op het gebied van SE is daarmee dus niet alleen noodzakelijk om projecten volgens een SE werkwijze te kunnen uitvoeren, maar ook om competitief te kunnen opereren op de markt.

De eerste stap om de kennis te verbeteren, kan middels de procesbeschrijving. De meerwaarde wordt hiervan onder de deskundigen ingezien, dat met name als intern en extern communicatiemiddel kan dienen. Daarnaast is er momenteel een certificering voor SE in ontwikkeling bij INCOSE. De procesbeschrijving zou voor deze mogelijke certificering een positieve bijdrage kunnen leveren.

Een ander punt is het ontbreken van draagvlak voor een werkwijze volgens SE binnen Movares. Een concreet punt voor verbetering kan hier niet voor worden gegeven. Het vraagt een omslag in cultuur, die waarschijnlijk bij systeemtechnici sneller is te realiseren dan bij vormgevers. Dit blijft echter speculatie.

Draagvlak ontbreekt echter ook bij ProRail. Momenteel heersen er vele verschillende opvattingen en visies over of en op welke wijze implementatie dient te gebeuren. In deze context dient ProRail dan ook de eenduidigheid op het gebied van implementatie van SE te verbeteren. Eenduidigheid zal met name de communicatie richting de opdrachtnemende partijen vergroten, waardoor de mogelijkheid wordt geboden om beter aan te sluiten bij de wensen van de opdrachtgevende partijen.

Daarnaast is naar voren gekomen, echter met een mindere mate van betrouwbaarheid, dat een ‘contractuele knip’ tussen de niveaus binnen een systeem moeilijkheden oplevert door een verschil in werkwijze c.q. bedrijfsvoering van de opdrachtnemende partijen. Er dient dus besef te zijn van de noodzaak van afstemming tussen de systeemniveaus wanneer er sprake is van een contractuele knip. De externe raakvlakken die dit oplevert kunnen worden beheerst,

omdat ze in het proces expliciet worden gemaakt. Verschil in inrichting van het proces door opdrachtnemende partijen levert hierbij geen problemen.

5.3.2 FASE 1: IDENTIFICATIEFASE

Movares is als ingenieursbureau in staat om kwaliteit te leveren door de aanwezige technische kennis en ervaring. Ook op adviesgebied is dit aanwezig. Het feit is echter wel dat vanuit de opdrachtgevende zijde (ProRail), de roep is voor betere aansluiting bij de wensen van de klant in relatie tot SE.

Een verandering in de wensen van de klant, namelijk een werkwijze volgens SE, vraagt om een ander voortbrengingsproces, namelijk een expliciete werkwijze. De trend is zichtbaar dat Movares voor de uitvoering van projecten volgens SE, te veel vasthoudt aan de impliciete wijze van werken en ervaring van projecten die niet volgens SE zijn uitgevoerd. Gezien het feit dat momenteel juist die ervaring op het gebied van SE ontbreekt, wordt er onvoldoende aangesloten bij de wensen van de opdrachtgevende partij.

Een punt van verbetering zou dan ook zijn een betere identificatie van de wensen van de opdrachtgevende partij en het leveren van maatwerk in procesmatig opzicht.

Het tweede punt betreft de communicatie als opdrachtnemende partij met stakeholders. ProRail heeft en wil de regie houden in het proces. Echter blijkt er ruimte wanneer het gaat om technisch gelieerde zaken, met de voorwaarde dat ProRail op de hoogte wordt gehouden van de beslissingen c.q. ontwikkelingen.

Als punt van verbetering zou deze ruimte door Movares dan ook beter moeten worden benut. Het aspect van expliciete moet niet alleen tot uiting komen in het proces en de producten, maar ook in de communicatie richting de opdrachtgever.

5.3.3 FASE 2: SPECIFICATIEFASE

Het eerste punt van verbetering betreft basaal de specificatie van eisen. In de huidige situatie worden de wensen en eisen van de opdrachtgevende partij vertaald naar functies, waarna deze worden gekoppeld aan functievervullers. Het proces van identificeren en definiëren van functies gebeurt willekeurig, veelal gebaseerd op ervaring die is opgedaan in voorgaande projecten. Deze werkwijze heeft echter een tweetal nadelen.

Het eerste nadeel is gelegen in het feit dat transformatie van de wensen en eisen van de opdrachtgever naar functies een lastige stap is. Het tweede punt is het feit dat de keuze voor de functies impliciet wordt gemaakt, waardoor er geen uit het proces voortkomende onderbouwing kan worden gegeven.

Het voorstel voor verbetering is dan ook dat er niet zozeer functies worden gedefinieerd, maar functionele eisen. Hierdoor is vertaling van de eisen en wensen van de opdrachtgever veel gemakkelijker. Wanneer deze reeds functioneel specificiert, is zelfs geen vertaling meer nodig.

Tevens wordt de indeling van de eisen in categorieën, in het huidige proces in de vorm van functies, uitgesteld. Daarmee wordt ook de keuze voor een functionele architectuur uitgesteld, waardoor voor de ontwerpfase meer flexibiliteit ontstaat ten aanzien van mogelijkheden tot vervulling van de eisen. Zowel productinnovatie als kostenoptimalisatie wordt hierdoor mogelijk.

Als tweede punt kan de categorisering van de eisen worden verbeterd. In de huidige situatie hanteren zowel ProRail als Movares de volgende indeling: (1) functionele eisen, (2) aspect eisen en (3) raakvlakeisen. Aangezien beide partijen vertrouwd zijn met deze indeling, zal verandering moeilijk zijn. Toch wordt de aanbeveling gedaan voor een verbetering, omdat dit de essentie van het specificatieproces raakt.

Het eerste punt betreft de categorie 'functionele eisen'. Het is op zich merkwaardig dat deze categorie wordt onderscheiden, gezien het feit dat uitsluitend functies en geen functionele eisen worden gedefinieerd zoals bij het vorige punt naar voren is gekomen.

Het tweede punt betreft het feit dat in de categorie 'functionele eisen', prestatie-eisen worden geïntegreerd. Dit is vreemd, gezien het feit dat een prestatie-eis niets te maken heeft met de reden van bestaan, namelijk de functionele eis. Het probleem dat hieruit voortvloeit, is dat het overzicht wordt verloren omdat niet duidelijk is wat de aard van de eis is. Tevens

moet de gehele eis worden aangepast, wanneer er een wijziging in de functionele of prestatie-eis moet worden gedaan. Aannemelijk is de gedachte dat de prestatie-eisen (veel) vaker zullen wijzigen, dan de functionele eisen; deze zijn immers de reden van bestaan.

Om deze problemen op te lossen, wordt daarom het voorstel tot verbetering gedaan om de volgende categorieën te onderscheiden: (1) functionele eisen, (2) niet-functionele eisen en (3) interface eisen. De prestatie-eisen worden uiteraard opgenomen in de tweede categorie. Door deze categorisering wordt een consequente indeling mogelijk, waardoor de aard van de eisen expliciet wordt gemaakt.

Het laatste punt betreft het expliciet opnemen van fit criteria. Tot op heden wordt dit niet gedaan, waardoor onduidelijk is op welke wijze toetsing van de eisen in de verificatie- en validatiefase zal gebeuren. Door het opnemen van fit criteria wordt dit wel mogelijk.

5.3.4 FASE 3: ONTWERPFASE

Zoals reeds betoogd komt de functionele architectuur impliciet in de specificatiefase tot stand. Om op een expliciete wijze tot de functionele architectuur te komen, dient de keuze hiervoor te worden uitgesteld tot deze fase. Het voorstel voor verbetering is om op basis van de drie ontwerpprincipes van simpliciteit, onafhankelijkheid en modulariteit te komen tot een expliciete keuze voor de functionele architectuur. Voor simpliciteit wordt gestreefd naar het reduceren van het aantal interfaces, voor onafhankelijkheid dat de operationaliseerbaarheid van andere functies niet wordt beïnvloed en voor modulariteit dat de systeemfuncties worden geclusterd.

Hierop aansluitend, kan de wijze waarop tot een keuze voor de functievervullers wordt gekomen worden verbeterd. In het huidige proces wordt dit gedaan op basis van een variantenmatrix. Dit heeft tot nadeel dat het moeilijk is om de wegingsfactoren vast te stellen en aansluiting te vinden bij de wensen van de opdrachtgever in de vorm van waardecreatie.

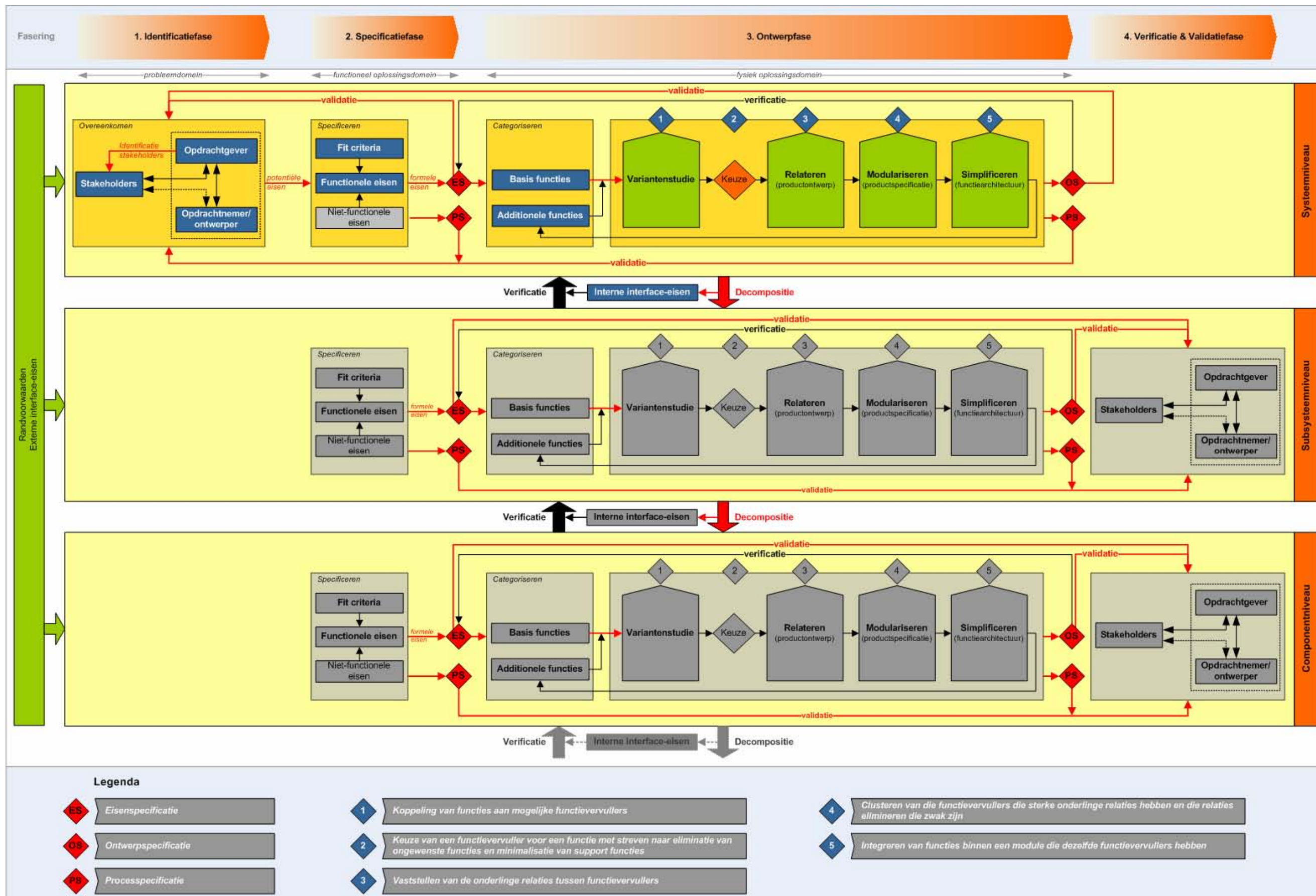
Het voorstel tot verbetering is daarom om de keuze voor functievervullers te baseren op het maken van onderscheid in basis, additionele, support en ongewenste functies. Hierdoor wordt expliciet gemaakt welke onderdelen van het ontwerp de essentie van het systeem vormen en welke delen meerwaarde en welke waardevermindering opleveren.

Uit de praktijkstudie is naar voren gekomen dat niet zozeer wordt gestreefd naar productinnovatie, maar naar kostenoptimalisatie, echter met een minder mate van betrouwbaarheid. Hiervan uitgaande, is een kostenoptimalisatie te realiseren en expliciet te maken door de additionele en/of support functies te reduceren. Dit heeft echter geen consequenties voor de functie van het systeem.

Het gegeven uit de praktijkstudie dat de bestaande infrastructuur beperkingen geeft ten aanzien van mogelijk toe te passen functievervullers heeft geen invloed op de systematiek waarop tot een keuze wordt gekomen. De mogelijke functievervullers zijn dan misschien beperkt, maar door toepassing van de ontwerpprincipes en de vier categorieën functies, kan op een expliciete wijze tot een ontwerpkeuze worden gekomen. Wellicht kan hierdoor tot een optimaler ontwerp worden gekomen.

5.3.5 FASE 4: VERIFICATIE- EN VALIDATIEFASE

In principe zijn in de identificatie-, specificatie- en ontwerpfase de verbeteringen genoemd die betere aansluiting van bij de wensen en behoeften van de opdrachtgever moet realiseren. Uiteraard moet dan ook wel daadwerkelijk worden geverifieerde en gevalideerde op die punten die zijn aangegeven in de procesbeschrijving.



figuur 25 – Verbetervoorstel functioneel specificatieproces

5.4 DEELCONCLUSIE

In dit hoofdstuk zijn het theoretisch functioneel specificatieproces (hoofdstuk 3) en het huidig functioneel specificatieproces (hoofdstuk 4) wederzijds aan elkaar geconfronteerd. Naar aanleiding hiervan kan antwoord worden gegeven op de derde centrale vraag, namelijk:

Welke verbeteringen kunnen voor het theoretisch en het huidig functioneel specificatieproces worden benoemd?

Het antwoord op deze vraag is samengevat in de procesbeschrijving ‘verbeteringsvoorstel functioneel specificatieproces’ (zie figuur 25). Enerzijds bevat deze aanpassingen die zijn gedaan ten opzichte van de procesbeschrijving uit hoofdstuk 3 (zie figuur 17), anderzijds bevat deze verbeterpunten voor het huidige specificatieproces. De punten voor verbetering van het gehele proces zijn hierin niet opgenomen. Die zullen uitsluitend hieronder tekstueel worden beschreven.

Als eerste onderdeel van het verbetervoorstel, is het theoretisch functioneel specificatieproces geconfronteerd aan het huidig functioneel specificatieproces, dat is samengevat in deelvraag 3a en luidt als volgt:

Op welke punten kan de beschrijving van het theoretische specificatieproces van centrale vraag 1 worden verbeterd na confrontatie met de conclusies van het huidig functioneel specificatieproces?

Het antwoord op deze vraag betreft onderstaande punten, gerelateerd aan de betreffende procesfasen:

Identificatiefase:

- De stakeholders worden niet door zowel de opdrachtnemende als de opdrachtgevende partij geïdentificeerd, maar uitsluitend door ProRail als opdrachtgevende partij;
- Eén-op-één communicatie tussen de opdrachtnemende partij en stakeholders is alleen voor technische aspecten, mits de opdrachtgevende partij expliciet op de hoogte wordt gehouden van de besluiten en ontwikkelingen. Alle overige communicatie verloopt via de opdrachtgevende partij.

Specificatiefase:

- In aanvulling op de eisenspecificaties, dient ook een processpecificatie te worden gemaakt, waarin het doorlopen proces en de gemaakte (ontwerp)keuzes worden opgenomen. Binnen Movares wordt dit een ‘ontwerpverantwoording’ genoemd;
- Naast de categorieën ‘functionele eisen’ en ‘niet-functionele eisen’ dient ook de categorie ‘interface-eisen’ in het proces te worden opgenomen. Interne interface-eisen zorgen voor de afstemming tussen subsystemen en dienen daarom tussen de niveaus aanwezig te zijn. De externe interface-eisen hebben uitsluitend interactie met de omgeving, die daarom aan de categorie ‘randvoorwaarden’ moet worden toegevoegd.

Ontwerpfase:

- Evenals de aanvulling op de eisenspecificatie, dient aanvullend op de ontwerpspecificatie een processpecificatie te worden gemaakt. Deze kunnen worden geïntegreerd tot één document, al moeten beide onderdelen wel apart worden onderscheiden.

Als tweede onderdeel is het huidig functioneel specificatieproces geconfronteerd aan het theoretisch functioneel specificatieproces, dat is samengevat in deelvraag 3b en luidt als volgt:

Welke verbeterpunten kunnen worden geïdentificeerd voor het huidig functioneel specificatieproces, na confrontatie met het theoretisch functioneel specificatieproces?

In algemene zin kunnen de volgende punten binnen Movares worden verbeterd ten aanzien van het functioneel specificatieproces:

- Vergroting van (diepgaande) kennis op het gebied van SE;
- Pro-actief inspelen op de wensen van de opdrachtgevende partij;
- Vergroten van de mate van ondersteuning voor een werkwijze volgens SE;
- Implementatie van de procesbeschrijving.

Voor ProRail als opdrachtgevende partij kunnen de volgende punten worden verbeterd:

- Vergroting van de eenduidigheid voor een werkwijze volgens SE richting opdrachtnemende partijen;
- Wanneer een 'contractuele knip' binnen een systeem wordt gemaakt, moeten de (systeem)niveaus qua proces en te leveren producten op elkaar worden afgestemd.

Specifiek kijkend naar de procesfasen, kunnen de volgende punten worden verbeterd:

Identificatiefase:

- De wensen en behoeften van ProRail als opdrachtgevende partij dienen beter te worden geïdentificeerd waar het proces binnen Movares op moet worden afgestemd;
- Expliciete communicatie over beslissingen en/of ontwikkelingen die in samenspraak met stakeholders plaatsvinden.

Specificatiefase:

- Er dienen functionele eisen te worden gespecificeerd, in plaats van de specificatie van functies;
- De volgende categorieën eisen dienen expliciet te worden onderscheiden: (1) functionele eisen, (2) niet-functionele eisen, (3) interface-eisen en (4) randvoorwaarden. De prestatie-eisen dienen hierbij in de tweede categorie te worden opgenomen;
- Er dienen fit criteria te worden geformuleerd en te worden gekoppeld aan de functionele eisen zodat in de verificatie- en validatiefase duidelijk is op welke wijze aan de eisen kan worden voldaan;
- Er dient op expliciete wijze tot een functionele architectuur te worden gekomen. Dit kan worden gedaan door een keuze hiervoor in deze fase uit te stellen voor de volgende fase.

Ontwerpfase:

- Expliciet ontwerpen door het onderscheiden van: (1) basis functies, (2) additionele functies, (3) support functies en (4) ongewenste functies. Hierdoor is een expliciete keuze voor de functievervullers te maken en beter aan te sluiten bij de wensen van de klant;
- Het gebruiken van de ontwerpprincipes: (1) simpliciteit, (2) modulariteit en (3) onafhankelijkheid. Hierdoor kan op expliciete wijze tot een functionele architectuur worden gekomen.

6 Haalbaarheid verbetervoorstel – Expert Meeting

6.1 INLEIDING

Het vorige hoofdstuk heeft geresulteerd in een verbetervoorstel, dat voortgekomen is uit een wederzijdse confrontatie van het theoretisch (hoofdstuk 3) en het huidige (hoofdstuk 4) functioneel specificatieproces. Door integratie van beide onderdelen, wordt verwacht dat een haalbare implementatie van de procesbeschrijving mogelijk zal zijn. Of dit ook daadwerkelijk zo is en of dit ook in de praktijk succesvol blijkt te zijn, zal nog moeten blijken. Om hierover meer duidelijkheid te krijgen, is in het kader hiervan als afsluitend onderdeel een expert meeting georganiseerd. Het centrale thema zal zijn:

Expliciet functioneel specificeren en ontwerpen in de context van SE: een haalbare wens?

Van de expert meeting zullen deel uitmaken de opdrachtgevende partijen ProRail en Rijkswaterstaat en Movares als opdrachtnemende partij. De relevantie zit naast het onderzoek naar een succesvolle implementatie van de procesbeschrijving, ook met name in de ontwikkeling van kennis en het afstemmen van de processen in de context van systems engineering. Als hulpmiddel om dit te bereiken, waarbij in feite het proces zal worden nagebootst, zal gebruik worden gemaakt van de door Thales en Universiteit Twente ontwikkelde 'Virtual Reality Lab T-Xchange'. Deze ruimte maakt het mogelijk, om op een interactieve wijze te komen tot een versnelde besluitvorming.

Om dit alles te kunnen realiseren, is er een ontwerp in de vorm van een framework voor de expert meeting benodigd. Na een korte beschrijving van T-Xchange in paragraaf 6.2, zal in de daarop volgende paragraaf dit framework worden beschreven. Vervolgens zal in worden gegaan op de verkregen resultaten, waaruit de mate van succesvolle haalbaarheid van de procesbeschrijving zal blijken.

6.2 T-XCHANGE

T-Xchange is samen met partners uit de universitaire wereld, de overheid en zakelijke partijen opgezet. De eerste T-Xchange Cell is ingericht in het Virtual Reality Lab van de Universiteit Twente. Uitgangspunt voor T-Xchange is het innoveren van het innovatieproces zelf. Hierdoor biedt het mogelijkheden voor industrie, overheid, bedrijfsleven en



figuur 26 – Virtual Reality Lab T-Xchange (bron: T-Xchange)

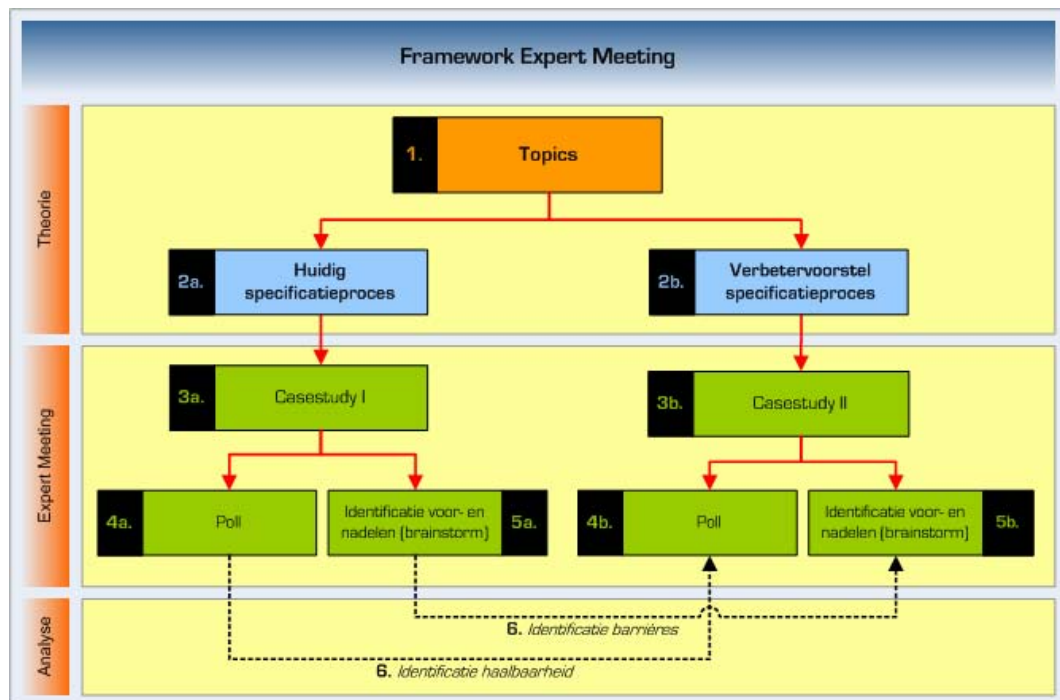
onderzoekinstellingen om innovatie- en ontwikkelprocessen te versnellen en te verdiepen. De probleem- en oplossingsruimte wordt met behulp van scenario's, gaming en visualisaties ingekleurd. Nieuwe producten en diensten kunnen in een gesimuleerde werkelijkheid worden ontworpen, getest en aangepast. Hierdoor wordt een kortere time-to-market en een verhoogde slaagkans in de markt mogelijk.

6.3 ONTWERP EXPERT MEETING

Om de in de inleiding beschreven doelen na te streven, is het noodzakelijk helder te krijgen op welke wijze invulling zal worden gegeven aan de expert meeting. Dit is gedaan middels een framework (zie figuur 27), dat inzicht en structuur moet bieden voor het te doorlopen proces.

Het framework is opgedeeld in een drietal onderdelen, namelijk: (1) theorie, (2) expert meeting en (3) analyse. Het eerste onderdeel omvat het reeds uitgevoerde theoretisch en empirisch onderzoek, dat als input en tevens uitgangspunt zal dienen. Op het tweede onderdeel zal uiteraard het accent liggen gedurende de expert meeting. Uitgangspunt voor dit onderdeel is dat de deskundigen zowel het huidige als het verbeterde specificatieproces 'ervaren'. Voor een fysiek product is dit te realiseren door bijvoorbeeld het gebruik van 'virtual reality'. Voor het 'ervaren' van een proces, ligt dit echter gecompliceerder aangezien er geen fysiek product kan worden gemaakt. Daarom zal middels uitvoering van een casestudy worden getracht om de specificatieprocessen na te bootsen. Later zal hier verder op worden ingegaan. Als laatste onderdeel zal tot slot een analyse worden uitgevoerd, dat antwoord zal moeten geven op de gestelde doelen.

In het onderstaande figuur zijn de activiteiten voorzien van een nummer. Aan de hand van deze nummers zal hierna stapsgewijs in chronologische volgorde, een toelichting hierop worden gegeven.



figuur 27 – Framework Expert Meeting

Onderdeel 1: Topics

Als resultaat van het theoretisch en het empirisch onderzoek, is gekomen tot een verbetervoorstel voor het functionele specificatieproces in de vorm van een procesbeschrijving (zie figuur 25). In deze procesbeschrijving zijn een drietal essentiële onderdelen naar voren gekomen waar het verbetervoorstel o.a. op is gebaseerd. Deze onderdelen zullen in de vorm van topics centraal staan in de expert meeting, namelijk:

1. Specificeren van eisen;
2. Categoriseren van eisen;
3. Keuze functievullers en functionele architectuur.

Onderdelen 2a en 2b: Huidig specificatieproces en verbetervoorstel specificatieproces

De in onderdeel 1 onderscheiden topics, vormen het uitgangspunt voor zowel onderdeel 2a als onderdeel 2b. De topics krijgen in de verschillende onderdelen echter wel een andere invulling. Deze invulling is voor het huidige specificatieproces en het verbetervoorstel specificatieproces weergegeven in respectievelijk in tabel 23 en tabel 24 (zie Bijlage 4). Voor elke invulling is ter verduidelijking een toelichting opgenomen. De laatste tabel behoeft uiteraard meer toelichting vanwege de onbekendheid met de principes.

Onderdelen 3a en 3b: Casestudy

De intentie van dit onderdeel, is middels een casestudy het huidige specificatieproces (onderdeel 3a) en het verbetervoorstel specificatieproces (onderdeel 3b) na te bootsen. De groep van deskundigen zal daarom worden verdeeld in twee groepen van 7 personen, waarbij de ene groep de rol van opdrachtgevende partij en de andere groep de rol van opdrachtnemende partij zal vervullen. Het doel is om in het tijdsbestek van één uur (per casestudy), het proces op iteratieve wijze op systeemniveau uit te werken. De groepen dienen onderling overeenstemming te bereiken en die vervolgens interactief te communiceren met de andere partij. De andere partij kan hierop reageren, maar kan ook in de tussentijd de ideeën verder uitwerken. Ter ondersteuning van dit proces, zullen de technische mogelijkheden in het 'Virtual Reality Lab' worden gebruikt om het interactieve proces optimaal te ondersteunen.

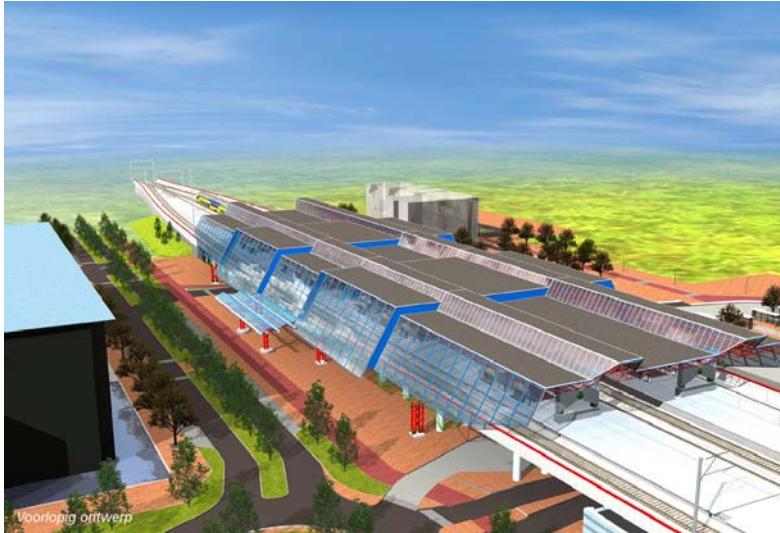
In het proces zal Movares de rol van opdrachtnemende partij en ProRail en Rijkswaterstaat de rol van opdrachtgevende partij vervullen. De reden van deze keuze is gelegen in het feit dat wordt gewerkt vanuit de natuurlijke rol (lees: zoals in de praktijk).

Om er voor te zorgen dat de uitwerking van de casestudy ook verloopt volgens respectievelijk het huidige specificatieproces en het verbetervoorstel specificatieproces, zijn er spelregels opgesteld (zie tabel 25 in Bijlage 4). Van belang is om aan deze spelregels te houden. Voor beide partijen zal er een moderator zijn, die het proces zal begeleiden.

Concreet zal als case het project Hanzelijn worden gebruikt, waarbij uitsluitend de aansluiting met het huidige spoor ter hoogte van Lelystad zal worden bekeken (zie figuur 28). Binnen de scope valt de reconstructie van station Lelystad (zie figuur 29), de boven- en onderbouw tussen het station en de kruising met de A6 en de kruising met de A6 zelf. Als input voor het proces is er de beschikking over een 'data-store', waar alle benodigde informatie in is opgenomen. Dit betreffen o.a. het tracébesluit, detailkaarten, procesbeschrijving etc. Expliciet is er voor gekozen voor het project reeds gemaakte specificaties en/of ontwerpen niet te gebruiken. Hierdoor wordt voorkennis tot een minimum gereduceerd en kan er een objectieve vergelijking tussen de onderdelen 3a en 3b worden gemaakt.



figuur 28 – Tracé Hanzelijn ter hoogte van Lelystad en tevens scope casestudy



figuur 29 – Artist Impression Station Lelystad – voorlopig ontwerp (ontworpen door Movares)

Onderdelen 4a en 4b: Poll

Als afsluiting van elk specificatieproces, zal een stemming worden gehouden. Het doel is om in kwantificerende vorm uitspraak te kunnen doen omtrent de haalbaarheid van beide specificatieprocessen.

Voor onderdeel 4a zal voor elke topic de volgende vraag centraal staan, waarbij er keuze is uit de volgende mogelijkheden:

In hoeverre behoeft het specificatieproces in de huidige situatie voor de topic ‘...’ verbetering?

- Geen, het proces verloopt vlekkeloos;
- In mindere mate, verbeteringen ter optimalisatie;
- In meerdere mate, verbetering op essentiële punten;
- Veel, verbeteringen voor gehele proces.

Voor onderdeel 4b zal voor elke topic de volgende vraag centraal staan en de keuze uit de volgende keuzemogelijkheden:

In hoeverre behoeft het verbeterde specificatieproces voor de topic ‘...’ verbetering?

- Geen, het proces verloopt vlekkeloos;
- In mindere mate, verbeteringen ter optimalisatie;
- In meerdere mate, verbetering op essentiële punten;
- Veel, verbeteringen voor gehele proces.

Onderdelen 5a en 5b: Inventarisatie voor- en nadelen

Als evaluatief onderdeel van de processen, zal middels een brainstorm de ervaringen van de deskundigen worden geïnventariseerd. Concreet zullen dit voor- en nadelen voor de processen van de onderdelen 3a en 3b opleveren.

Onderdeel 6: Identificatie haalbaarheid en barrières

Tot slot zal er een analyse worden uitgevoerd, dat bestaat uit een tweetal onderdelen. In het eerste onderdeel zullen de voor- en nadelen van de onderdelen 4a en 4b met elkaar worden vergeleken. Hierdoor is het mogelijk de barrières voor implementatie van het verbeterde functioneel specificatieproces te identificeren.

Als tweede onderdeel, dienen de onderdelen 5a en 5b met elkaar te worden vergeleken. Doordat deze resultaten zijn verkregen op basis van stemming, is kwantificering van de resultaten mogelijk.

6.4 RESULTATEN EN ANALYSE EXPERT MEETING

6.4.1 HAALBAARHEID FUNCTIONEEL SPECIFICATIEPROCES BINNEN MOVARES

Na afloop van beide casestudies is een poll gehouden, waarbij een drietal vragen zijn beantwoord zoals beschreven onder onderdeel 4a en 4b. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 30.

Uit de eerste poll (zie diagram 1, figuur 31) blijkt dat het merendeel van zowel opdrachtgevende als opdrachtnemende partijen vindt dat het proces op essentiële punten moet worden aangepast. Op de tweede plaats komt het antwoord waarbij wordt gevonden dat er veel verbeteringen voor het gehele proces nodig zijn, echter maakt de opdrachtnemende partij hier het merendeel van uit.

De tweede poll laat een ander beeld zien. Nog steeds vindt het merendeel van de deskundigen van beide partijen dat het proces op essentiële punten moet worden verbeterd. Dit antwoord wordt echter met een klein verschil opgevolgd door het gegeven dat het proces uitsluitend ter optimalisatie moet worden aangepast.

Om uitspraken te kunnen doen over de haalbaarheid, zijn beide resultaten met elkaar te worden vergeleken (zie diagram 3, figuur 31). Overall kan worden geconcludeerd dat duidelijk blijkt dat aan het tweede proces minder hoeft te worden verbeterd dan aan het eerste proces. De oorzaak ligt met name in een verschuiving van de antwoorden (van D naar B) van de opdrachtnemende partij. Dit in combinatie met een kleine verschuiving van de antwoorden (van C naar B) van de opdrachtgevende partij.

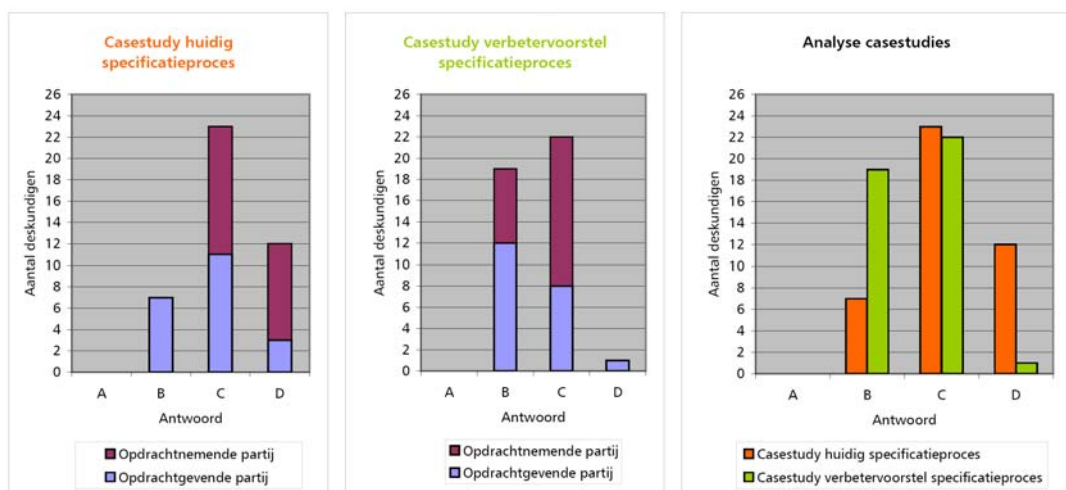
Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat de haalbaarheid van de implementatie van de procesbeschrijving succesvol is, zij het wel dat aanpassingen nodig blijken te zijn. De reden hiervoor zal blijken uit de identificatie van de barrières in de volgende paragraaf.

| Casestudy huidig SP | A | | | | B | | | | C | | | | D | | | |
|------------------------|----|----|----|-------|----|----|----|-------|----|----|----|-------|----|----|----|-------|
| | A1 | A2 | A3 | Atot. | B1 | B2 | B3 | Btot. | C1 | C2 | C3 | Ctot. | D1 | D2 | D3 | Dtot. |
| Opdrachtgevende partij | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 2 | 7 | 4 | 3 | 4 | 11 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Opdrachtnemende partij | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 12 | 3 | 3 | 3 | 9 |

| Casestudy verbetervoorstel SP | A | | | | B | | | | C | | | | D | | | |
|-------------------------------|----|----|----|-------|----|----|----|-------|----|----|----|-------|----|----|----|-------|
| | A1 | A2 | A3 | Atot. | B1 | B2 | B3 | Btot. | C1 | C2 | C3 | Ctot. | D1 | D2 | D3 | Dtot. |
| Opdrachtgevende partij | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 5 | 12 | 2 | 4 | 2 | 8 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Opdrachtnemende partij | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 2 | 7 | 5 | 4 | 5 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 |

NB. A1 betekent antwoord A voor topic 1, A2 antwoord A voor topic 2 enz.

figuur 30 – Resultaten poll expert meeting



figuur 31 – Analyse poll expert meeting (v.l.n.r. diagram 1: casestudy huidig specificatieproces, diagram 2: casestudy verbetervoorstel specificatieproces en diagram 3: analyse casestudies)

6.4.2

BARRIÈRES IMPLEMENTATIE FUNCTIONEEL SPECIFICATIEPROCES

Op basis van de resultaten van de polls, is per casestudy het proces geëvalueerd in de vorm van een korte brainstorm. Het doel was de voor- en nadelen en daarmee een onderbouwing voor de keuze van de antwoorden van de poll te identificeren. De resultaten van beide casestudies zijn in onderstaande tabel weergegeven.

tabel 16 – Resultaten brainstorm voor- en nadelen specificatieprocessen

| | Casestudy I: huidig specificatieproces | Casestudy II: verbetervoorstel specificatieproces |
|-----------|---|---|
| Voordelen | <ul style="list-style-type: none"> • Geen | <ul style="list-style-type: none"> • De procesbeschrijving zorgde voor één structuur c.q. kader; • Door de structuur verliep de communicatie/ afstemming voor de opdrachtnemende partij beter; • Door de vier soorten functies in de ontwerpfase konden de opdrachtnemende partij een betere indeling maken. |
| Nadelen | <ul style="list-style-type: none"> • Communicatieproblemen door verschil in beeldvorming van de eisen; • Ontbreken structuur; • Oplossingsrichtingen worden in een vroeg stadium afgesneden; • Bij de opdrachtnemende partij was moeilijk de koppeling te maken tussen eisen van de opdrachtgevende partij en het gemaakte product. | <ul style="list-style-type: none"> • Verwarring over huidig gehanteerde begrippen en gebruikte begrippen in procesbeschrijving. |

Op basis van deze resultaten kwamen initiatieven naar voren als oplossing c.q. besef van de genoemde voor- en nadelen. Voor de eerste casestudy betreffen dit de volgende punten:

- Bewust zijn van het feit dat mensen onbewust onbekwaam zijn;
- Het gezamenlijk definiëren van de vraag/behoefte kan een oplossing zijn voor scherp krijgen van de context met dezelfde beeldvorming van het systeem;
- Processen tussen opdrachtgevende en opdrachtnemende partij moeten op elkaar worden afgestemd;
- Tijdige terugkoppeling gedurende het proces om de gevolgen van fouten in beeldvorming en communicatie te reduceren.

Op basis van de brainstorm, zijn voor de tweede casestudy de volgende punten naar voren gekomen:

- Om verwarring te voorkomen, moet het begrippenkader worden gestandaardiseerd;
- Wanneer implementatie van de procesbeschrijving zal leiden tot efficiëntie en daarmee (kosten)optimalisaties kan voor Movares een groot concurrentievoordeel ten opzichte van andere ingenieursbureaus worden behaald.

Om nog even terug te kijken naar de resultaten omtrent de haalbaarheid, kan aan de hand van de in deze paragraaf genoemde punten verklaringen voor de antwoorden gezocht.

Als eerste punt komt de grote verschuiving in de antwoorden van de opdrachtnemende partij voort uit het feit dat de procesbeschrijving zorgde voor structuur en een indeling mogelijk maakte.

Als tweede punt dient een verklaring te worden gevonden voor het relatief grote aantal antwoorden C van de opdrachtgevende partij in de tweede poll. Een plausible verklaring kan zijn dat de uit de literatuur gehanteerde begrippen onvoldoende passen binnen het huidig gehanteerde kader bij ProRail en Rijkswaterstaat. Dat dit zou gebeuren werd echter verwacht. Immers bij de totstandkoming van het verbetervoorstel (zie paragraaf 5.3) is expliciet gekozen om de huidige categorisering niet over te nemen. Daarnaast spelen nog een tweetal andere argumenten een rol. Het eerste argument is gelegen in het feit dat, uitsluitend

kijkend naar ProRail, überhaupt moeilijk vast te stellen is wat nu het huidig gehanteerde kader is. Uit de interviews van de praktijkstudie is deze interne verdeeldheid binnen de organisatie vastgesteld. Een tweede argument is gelegen in het feit dat de procesbeschrijving niet voor de interne organisatie van de opdrachtgevende partijen bedoeld is, maar voor de organisatie van Movares. Aangezien de progressie, met name in de antwoorden van de opdrachtnemende partij, duidelijk zichtbaar is geworden, is het doel daarmee behaald. Feit is echter wel, dat de processen tussen opdrachtgevende en opdrachtnemende partijen op elkaar moeten worden afgestemd.

Aansluitend op het vorige, dient tot slot een verklaring te worden gevonden voor het relatief grote aantal antwoorden C van de opdrachtnemende partij in de tweede poll. Door de opdrachtnemende partij wordt aangegeven dat het ontbrak aan gezamenlijke beeldvorming van het probleem met miscommunicatie als gevolg. Omdat de intentie achter de eis niet wordt begrepen, leidt dit tot (veel) aanvullende vragen vanuit opdrachtnemende zijde.

Uit paragraaf 3.6.1 is de noodzaak gebleken van gezamenlijke inbreng, domein- en technische kennis, voor het identificeren van het probleem met bijbehorende eisen. Door tijdgebrek en vanwege uitvoeringstechnische redenen, was het doorlopen van de identificatiefase gedurende de expert meeting niet mogelijk. Dit gegeven zou een verklaring kunnen zijn voor het relatief grote aantal antwoorden C in de tweede poll.

6.5 DEELCONCLUSIE

Op basis van de resultaten en analyse van de expert meeting, kan worden gesteld dat de procesbeschrijving een voor implementatie haalbaar product is gebleken. Met name op het punt van het bieden van structuur en daarmee het vergemakkelijken van de communicatie c.q. afstemming werden als voordeel gezien.

Daarnaast zijn een aantal essentiële punten naar voren gekomen voor het proces van expliciet functioneel specificeren en ontwerpen. Het eerste punt betreft het punt dat het gezamenlijke definiëren van de vraag een oplossing kan zijn voor het scherp krijgen van de context en beeldvorming van het systeem. Hiermee kunnen communicatieproblemen door het verschil in beeldvorming worden vermeden. Hierbij aansluitend als tweede punt, dient er een tijdige terugkoppeling gedurende het proces te zijn, om de gevolgen van fouten in de beeldvorming en communicatie te reduceren. Als derde punt moet er een gezamenlijk begrippenkader worden ontwikkeld op verwarring ten aanzien van de gehanteerde begrippen te voorkomen. Standaarden kunnen hiervoor een oplossing bieden. Tot slot dient bij de opdrachtgevende partij het besef te zijn van de noodzaak van gezamenlijke beeldvorming van het probleem. Hierdoor wordt de intentie van de eisen door de opdrachtnemende partij begrepen, waardoor (veel) aanvullende vragen en fouten in de interpretatie van de gespecificeerde eisen kunnen worden voorkomen. De noodzaak van het gezamenlijk identificeren van het probleem en de eisen en wensen van de opdrachtgever zoals beschreven in paragraaf 3.6 wordt hiermee benadrukt.

7

Conclusies en aanbevelingen

Ter afronding van de rapportage, kunnen conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan. Dit moet antwoord geven op het probleem dat centraal staat in het onderzoek, dat als volgt luidt:

Het ontbreken van een werkwijze voor een transparant functioneel specificatieproces volgens systems engineering binnen Movares.

In navolging hiervan, is het volgende ten doel gesteld:

Expliciet beschrijven en verbeteren van het functioneel specificatieproces in de context van systems engineering en het onderzoeken van de *haalbaarheid* van implementatie binnen Movares.

Aan de hand van de cursief gedrukte woorden, zal de conclusie worden beschreven. Deze omvatten namelijk de onderdelen van het onderzoek die gerelateerd zijn aan de vier centrale vragen.

7.1

CONCLUSIES

Centrale vraag 1 – Expliciet beschrijven

Hoe is theoretisch het functioneel specificatieproces expliciet te maken in de context van systems engineering?

De beschrijving van het theoretisch functioneel specificatieproces die tot stand is gekomen op basis van literatuur, is in tekstuele vorm samengevat in kernpunten (zie tabel 5). Naar aanleiding hiervan is het proces expliciet gemaakt in de vorm van een procesmodel (zie figuur 17).

Het proces dat gebaseerd is op het V-model, is opgesplitst in een viertal fasen: (1) identificatiefase, (2) specificatiefase, (3) ontwerpfase en (4) verificatie- & en validatiefase. In de eerste fase dienen de wensen c.q. eisen van de opdrachtgever te worden geïdentificeerd. Hiervoor is zowel technische kennis als domeinkennis benodigd. De volgende stap is de specificatie van eisen, die in een drietal categorieën is in te delen: (1) functionele eisen, (2) niet-functionele eisen en (3) randvoorwaarden. Expliciet functioneel specificeren wordt alleen mogelijk wanneer ook daadwerkelijk eisen worden geformuleerd en ingedeeld in de genoemde categorieën. Belangrijk is te onderkennen dat definiëring van functies in deze fase van het proces het proces niet expliciet maakt en niet consistent is met de vorige processtappen. Aangezien de wijze waarop tot de functionele architectuur wordt gekomen een ontwerpactiviteit is, dient een keuze daarom pas in de ontwerpfase te worden gemaakt. De keuze van de functionele architectuur komt voort uit het onderscheiden van basis, additionele, support en ongewenste functies. Hierdoor kan aansluiting worden verkregen bij de eisen van opdrachtgever en is een rationele keuze voor mogelijke functievervullers door minimalisatie van support en eliminatie van ongewenste functies mogelijk. Dit dient te worden gecombineerd met een drietal ontwerpprincipes die een expliciet ontwerp mogelijk maken, namelijk: (1) onafhankelijkheid, (2) modulariteit en (3) simpliciteit. Door vastlegging van de eisen en het ontwerp in respectievelijk eisen- en ontwerpspecificaties, in combinatie met de in de specificatiefase opgestelde fit criteria waarin de wijze van toetsing reeds is beschreven, is validatie door de opdrachtgever en stakeholders mogelijk.

Centrale vraag 2 – Expliciet beschrijven

Op welke wijze wordt in de huidige situatie invulling gegeven aan het functioneel specificatieproces binnen Movares en welke eisen worden vanuit ProRail hieraan gesteld?

Binnen Movares wordt er invulling gegeven aan het functioneel specificatieproces middels het V-model, waarbij onderscheid wordt gemaakt in enerzijds de eisen en anderzijds het ontwerp. Door decompositie wordt er van abstract naar gedetailleerd gewerkt, waarbij door verificatie wordt gekeken of de eisen en/of het ontwerp passen binnen de bovengenoemde eisen

en het gemaakte ontwerp. Door het maken van een ontwerpverantwoording (lees: processpecificatie), worden de gemaakte ontwerpkeuzes en attentiepunten vastgelegd. Vanuit ProRail wordt in het 'statement of work' een beperkt aantal eisen gesteld aan het functioneel specificatieproces van Movares. Het meest belangrijk is het werken volgens het V-model en onderscheid te maken in een drietal categorieën eisen: (1) functionele eisen, (2) aspect eisen en (3) raakvlakkeisen.

In de huidige situatie blijkt dat de meerwaarde van SE gelegen is in de expliciete werkwijze en de traceerbaarheid van eisen. Met name voor ProRail is het hierdoor mogelijk verantwoording af te leggen aan het hoger management en de politiek. Echter is er tot op heden weinig (diepgaande) kennis en ervaring, bij zowel Movares als ProRail, op het gebied van SE. Door het ontbreken van een gestructureerd overzicht, is er geen eenduidige wijze van uitvoering van het proces. De procesbeschrijving kan hierbij van meerwaarde zijn, door het creëren van structuur en tevens kan fungeren als communicatiemiddel.

Centrale vraag 3 – Verbeteren

Welke verbeteringen kunnen voor het theoretisch en het huidig functioneel specificatieproces worden benoemd?

Door het theoretisch en huidig functioneel specificatieproces wederzijds aan elkaar te confronteren, zijn er voor beide onderdelen verbeterpunten opgesteld (zie tabel 17 en tabel 18). Na verwerking van de verbeterpunten uit tabel 17 in het theoretisch functioneel specificatieproces (zie figuur 17), is gekomen tot het 'verbetervoorstel functioneel specificatieproces' (zie figuur 25).

tabel 17 – Verbeterpunten theoretisch functioneel specificatieproces

| | Verbeterpunten theoretisch functioneel specificatieproces |
|-------------------|--|
| Identificatiefase | <ul style="list-style-type: none"> De stakeholders worden uitsluitend door de opdrachtgevende partij (ProRail) geïdentificeerd. |
| Specificatiefase | <ul style="list-style-type: none"> Naast de eisenspecificatie, dient er ook een processpecificatie te worden opgenomen; Aan de onderscheiden categorieën voor eisen, moet een categorie van (interne en externe) interface-eisen worden opgenomen. |
| Ontwerpfase | <ul style="list-style-type: none"> Evenals voor de specificatiefase, dient naast de ontwerpspecificatie, een processpecificatie worden opgenomen. |

tabel 18 – Verbeterpunten voor Movares (en ProRail) voor het huidig functioneel specificatieproces

| | Verbeterpunten huidig functioneel specificatieproces |
|-------------------|---|
| Algemeen | <ul style="list-style-type: none"> Vergroting van (diepgaande) kennis op het gebied van SE; Pro-actief inspelen op de wensen van de opdrachtgevende partij; Vergroten van de mate van ondersteuning voor een werkwijze volgens SE; Implementatie van de procesbeschrijving. (ProRail): <ul style="list-style-type: none"> Vergroting van de eenduidigheid voor een werkwijze volgens SE richting opdrachtnemende partijen; Wanneer een 'contractuele knip' binnen een systeem wordt gemaakt, moeten de (systeem)niveaus qua proces en product op elkaar worden afgestemd. |
| Identificatiefase | <ul style="list-style-type: none"> Betere identificatie van de wensen en behoeften van ProRail; Expliciete communicatie met opdrachtgevende partij over contact met stakeholders. |
| Specificatiefase | <ul style="list-style-type: none"> Definiëring van functionele eisen, in plaats van functies; Expliciete onderscheiden van de volgende categorieën eisen: (1) functionele eisen, (2) niet-functionele eisen, (3) interface-eisen en (4) randvoorwaarden; Formulering van fit criteria zodat validatie in een later stadium mogelijk wordt; Uitstellen van de keuze voor een functionele architectuur. |
| Ontwerpfase | <ul style="list-style-type: none"> Op expliciete wijze ontwerpen door het onderscheiden van: (1) basis functies, (2) additionele functies, (3) support functies en (4) ongewenste functies; |

| | Verbeterpunten huidig functioneel specificatieproces |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> Het toepassen van de ontwerpprincipes: (1) simpliciteit, (2) modulariteit en (3) onafhankelijkheid. |

Centrale vraag 4 – Onderzoeken haalbaarheid

In hoeverre is implementatie van de verbeterde theoretische procesbeschrijving, voortkomend uit centrale vraag 3, haalbaar binnen Movares?

Op basis van de resultaten en analyse van de expert meeting, kan worden gesteld dat de procesbeschrijving voor implementatie binnen Movares een haalbaar product is gebleken. Met name op het punt van het bieden van structuur en daarmee het vergemakkelijken van de communicatie c.q. afstemming worden als voordeel gezien.

Vanuit de opdrachtgevende partijen worden deze voordelen tevens onderstreept. Echter, wanneer verdere aansluiting bij de specificatieprocessen van de opdrachtgevende partijen ProRail en Rijkswaterstaat wil worden verkregen, is het noodzakelijk aan te sluiten bij de ontwikkelde en in ontwikkeling zijnde standaarden. Hierdoor ontstaat een gemeenschappelijk begrippenkader dat noodzakelijk is voor de afstemming van de processen. Daarnaast is gezamenlijke beeldvorming van het probleem noodzakelijk. Omdat dan de intentie van de eisen door de opdrachtnemende partij wordt begrepen, worden (veel) aanvullende vragen en fouten in de interpretatie van de gespecificeerde eisen voorkomen.

7.2

AANBEVELINGEN

Op basis van de conclusies kunnen aanbevelingen worden gedaan voor mogelijk vervolgonderzoek. Puntsgewijs zullen deze worden uitgewerkt.

Het eerste punt betreft de knelpunten en constatering van de dimensies van Pohl, voortkomend uit paragraaf 4.7. Na het relateren van de data kon er onvoldoende (scherp) worden aangegeven of de knelpunten nu voortkomen uit de omgevingsfactoren of gerelateerd zijn aan het RE proces en welke dimensies dan de oorzaak zijn. Uitvoering van vervolgonderzoek op dit punt kan interessant zijn, om duidelijkheid te krijgen over de oorzaak van de knelpunten en daarvoor oplossingen te bedenken om de efficiëntie van het proces te verbeteren.

Een tweede punt betreft verdere invulling van de procesbeschrijving. Het doel van het expliciet beschrijven van het specificatieproces is door de gemaakte procesbeschrijving behaald. Echter om deze ook op lagere niveaus in de organisatie geïmplementeerd te krijgen, moet de procesbeschrijving verder worden uitgewerkt in de zin van formats en software. Bij formats kan worden gedacht aan standaarden voor de (ontwerp-, eisen en proces)specificaties. Ontwikkeling van software kan benodigd zijn wanneer expliciet invulling wordt gegeven aan de DSM. Het is immers ondoenlijk om de optimalisaties binnen een DSM handmatig te doen. Er hoeft niet te worden gedacht aan ontwikkeling van gehele programmatuur. Een algoritme die kan worden ingeladen in Excel levert al het gewenste resultaat op.

Het derde punt betreft het uitvoeren van nader onderzoek naar de rolverdeling van opdrachtgever-opdrachtnemer in het proces. Uit de interviews is naar voren gekomen dat ProRail in de toekomst wellicht zelf meer invulling wil geven aan het specificatieproces, in plaats van te beperken tot de identificatiefase. Uiteraard is dit ook sterk gelieerd aan contractvorming. Nader onderzoek op dit punt kan daarmee meer duidelijkheid geven over verantwoordelijkheden van beide partijen in het proces.

Tot slot kan als laatste punt naar aanleiding van de expert meeting een aanbeveling worden gedaan. Naar voren is gekomen dat wanneer opdrachten bij ProRail en/of Rijkswaterstaat worden aangenomen, moet worden aangesloten bij de door deze organisaties ontwikkelde standaarden. Voor het eventueel verder uitbreiden c.q. invullen van de procesbeschrijving moet hier rekening mee worden gehouden. Dat betekent overigens niet dat deze standaarden ook de standaarden van Movares moeten worden. ProRail is dan wel grote opdrachtgever, maar ook gemeenten spelen een steeds belangrijker rol voor de organisatie. De ontwikkelde inrichting van het proces kan dan wellicht wel één-op-één aansluiting vinden. Centraal moet blijven staan dat de processen op elkaar moeten worden afgestemd om de communicatie te bevorderen en de gemeenschappelijke doelen na te streven.

8

Begrippenlijst

| | | |
|---|---|---|
| Fit criterium (Robertson & Robertson, 1999) | : | Criterion waardoor inzicht wordt verkregen op welke wijze de oplossing aan de eis zal voldoen. Zonder dit criterium kan er geen (toetsbare) oplossing voor een eis worden gevonden. |
| Functionele architectuur | : | De configuratie van de voor het systeem gekozen functies. |
| Functionele eisen (Young, 2004; Kotonya & Sommerville, 1996; Robertson & Robertson, 1999) | : | Eisen die beschrijven <i>wat</i> het systeem moet doen; worden ook wel gedrags of operationele eisen genoemd (Young, 2004). Functionele eisen leggen de interactie tussen de componenten en de omgeving vast (Kotonya & Sommerville, 1996) Functionele eisen omvatten: (1) specificaties van de functionaliteit van het product, (2) acties die door het product moeten worden uitgevoerd en (3) afgeleide eisen van het fundamentele doel. De functionele eisen worden voor de communicatie gedocumenteerd middels een functioneel document of specificatie (Robertson & Robertson, 1999). |
| Niet-functionele eisen (Robertson & Robertson, 1999; Young, 2004; Kotonya & Sommerville, 1996) | : | Eisen die een systeem moet hebben om de reden van bestaan mogelijk te maken (Robertson & Robertson, 1999). Doordat deze de eigenschappen van het systeem specificeert, worden deze ook wel kwaliteitseisen genoemd (Young, 2004). Kenmerkend van de eisen is de beperking van de oplossingsruimte (Kotonya & Sommerville, 1996). |
| Ontwerparchitectuur | : | Geeft de structuur van het ontwerpproces weer in de vorm van processtappen die moeten worden genomen om tot een (expliciet) ontwerp te komen. |
| Randvoorwaarden (V&W, 2005) | : | Eisen die een beperkende werking hebben op de ontwikkeling en oplossingen van het systeem. Deze zijn van toepassing op het gehele systeem en worden extern opgelegd. |
| Specificatie | : | De verzameling van formele eisen wordt vastgelegd in een document (eisenspecificatie) dat de afsluiting van de specificatiefase vormt. Formele vastlegging van het definitieve ontwerp is de ontwerpspecificatie (ook wel product- of technische specificatie genoemd) en vormt de afsluiting van de ontwerpfase. De processpecificatie legt alle (ontwerp)keuzes en attentiepunten gedurende het gehele proces vast. Deze moet zowel als afsluiting van de specificatie- alsmede voor de ontwerpfase worden gemaakt. |
| Specificatieproces (Suh, 1990; Hull et al., 2005; Nuseibeh, 2001) | : | Continue interactie (Suh, 1990) tussen het probleem- en oplossingsdomein (Hull et al., 2005), waarbij echter strikte scheiding moet blijven tussen de (oplossingsvrije) eisen en het ontwerp (Nuseibeh, 2001). |
| Stakeholders (Freeman in Mitchell et al., 1997; Bryson, 2004) | : | Elke groep of individu die het behalen van de doelen van de organisatie kan beïnvloeden of hierdoor wordt beïnvloed. |

9

Referenties

9.1

LITERATUUR

- Baarda, D., Goede, M. de (1997)**, 'Basisboek methoden en technieken – praktische handleiding voor het opzetten en uitvoeren van onderzoek', 2^e herziene druk, Stenfert Kroese, Houten
- Boes, J., Dorée, A., Suurenbroek, Y. (2004)**, 'Bouwprocessen', Universiteit Twente, dictaat
- Blanchard, B. (1998)**, 'Systems engineering and analysis', Prentice-Hall, third edition
- Brinkman, J. (1992)**, 'Cijfers spreken – Statistiek en methodologie voor het hoger onderwijs', Wolters-Noordhof, Groningen
- Browning, T. (2001)**, 'Applying the Design Structure Matrix to system decomposition and integration problems: A review and new directions', IEEE Transactions on engineering management, vol. 48, no. 3
- Browning, T. (2002)**, 'Process integration using the Design Structure Matrix', Wiley, Systems Engineering, vol. 5, no. 3
- Browning, T., Fricke, E., Negele, H. (2006)**, 'Key Concepts in modelling product development processes', Systems Engineering, vol. 9, no. 2
- Brunton, J., Tarling, K. (2003)**, 'Dynamically complex rail projects – A systems engineering view', Proceedings of the 2003 IEEE/ASME Joint Rail Conference
- Bryson, J. (2004)**, 'What to do when stakeholders matter – Stakeholder identification and analysis techniques', Public Management Review, vol. 6, Issue 1, 21-53
- Conklin, J. (2003)**, 'Wicked problems and social complexity', Cognexus Institute
- Davies, A., Brady, T. (2000)**, 'Organisational capabilities and learning in complex product systems: towards repeatable solutions', Elsevier, Research Policy 29..931–953
- DoD (2001)**, 'Systems engineering fundamentals', Universiteit Twente, dictaat
- Easterbrook, S., Nuseibeh, B. (2004)**, 'Fundamentals of requirements engineering'
- Eijbersen, M., Eelants, J., Amstel, N., Heide, J. van der, Keldermans, F., Korteweg, A., Lamers, M., Mulder, R., Oehler, J. (2004)**, 'Van functie tot bouwstof – Leidraad specificeren', CROW, publicatie 211
- Eppinger, S., Whitney, D., Smith, R., Gebala, D. (1994)**, 'A model-based method for organizing tasks in product development', Research in Engineering Design
- Fricke, E., Schulz, P. (2005)**, 'Design for changeability (DfC): Principles to enable changes in systems throughout their entire lifecycle', Systems engineering, vol. 8, no. 4
- Gann, D., Salter, A. (2000)**, 'Innovation in project-based, service-enhanced firms: the construction of complex products and systems', Elsevier, Research policy 29, 955-972
- Gause, D., Weinberg, G. (1989)**, 'Exploring requirements: quality before design', Published by Dorset House Publishing Co. Inc., New York
- Hobday, M., Rush, H. (1999)**, 'Technology management in complex product systems (CoPS) – Ten questions answered, Int. J. Technology Management, vol. 17, no. 6
- Hull, E., Jackson, K., Dick, J. (2005)**, 'Requirements Engineering', Springer, second edition
- Hutjes, J., Buuren, J. van (1992)**, 'De gevalstudie – Strategie van kwalitatief onderzoek', Boom, Meppel
- Katsonov, A., Sakkinen, M. (2006)**, 'Requirements quality control: a unifying framework', Requirements Eng (2006) 11: 42–57
- Kotonya, G., Sommerville, I. (1996)**, 'Requirements engineering with viewpoints', software engineering journal

- Kotonya, G., Sommerville, I. (1998)**, 'Requirements Engineering – processes and techniques', Wiley
- Kramer, N., Smit, J. de (1997)**, 'Systeemdenken', Stenfert Kroese, vijfde herziene druk, dictaat Universiteit Twente
- Leinonen, J. (2001)**, 'Requirements management tool as a catalyst for communication'
- Lindstedt, P., Burenius, J. (2003)**, 'The Value Model – How to master product development and create unrivalled customer value', Nimba, Sweden
- Nuseibeh, B., Easterbrook, S. (2000)**, 'Requirements Engineering: A Roadmap', Future of software engineering limerick Ireland, ACM
- Nuseibeh, B. (2001)**, 'Weaving together requirements and architectures', Software management, march
- Mar, B. (1997)**, 'Back to basics again – A scientific definition of systems engineering', presented at INCOSE
- Martin, J. (2000)**, 'Systems engineering Guidebook – A process for developing systems and products', CRS Press, Boca Raton, Florida
- Mitchell, R., Agle, B., Wood, D. (1997)**, 'Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts', Academy of management review, vol. 22, no. 4, 853-896
- Pimmler, U., Eppinger, S. (1994)**, 'Integration analysis of product decompositions', MIT, ASME Design Theory and Methodology Conference
- Pohl, K. (1994)**, 'The three dimensions of requirements engineering: A framework and its applications', Information Systems, vol. 19 no. 3, pp. 243 – 258, Elsevier Science
- Pohl, K. (1997)**, 'Requirements engineering: An overview', Encyclopedia of Computer Science and Technology, 36
- Ratchev, S., Urwin, E., Muller, D., Pawar, K., Moulek, I. (2003)**, 'Knowledge based requirement engineering for one-of-a-kind complex systems', Elsevier, Knowledge-Based systems 16, 1-5
- Robertson, S., Robertson, J. (1999)**, 'Mastering the requirements process', Pearson Education Limited, ACM Press
- Sheard, S. (1995)**, 'Twelve systems engineering roles', software productivity consortium
- Suh, N. (1990)**, 'The principles of design', Massachusetts Institute of Technology, Oxford University Press, New York - Oxford
- Swanborn, P. (1994)**, 'Methoden van sociaal-wetenschappelijk onderzoek', Boom, Meppel
- Verschuren, P., Doorewaard, H. (2005)**, 'Het ontwerpen van een onderzoek', Uitgeverij Lemma, Utrecht, derde druk
- Young, R. (2004)**, 'The requirements engineering handbook', Artech House, Norwood

9.2 PUBLICATIES/ RAPPORTEN/ PRESENTATIES

- Boersma, P., Engeldoer, H. (2006)**, 'Systems Engineering cursus HZL-aansluitingen', Movares, 23 maart
- Klarenbeek, J. (2004)**, 'Richtlijnen voor het railverkeerstechnisch ontwerp' (RVTO), ProRail Nieuwbouw Projectencentrum Railverkeerstechniek, versie 4.0
- Movares (2004)**, 'Jaarverslag'
- INCOSE (2004)**, 'Systems Engineering Handbook', version 2a
- Luiten, G., Stijn, M., Siemes, A., Leemhuis, S., Boes, J. (2005)**, 'Vraagspecificatie als katalysator voor vernieuwing', PSIBouw, rapportage
- Ministerie V&W (2005)**, 'Handreiking functioneel specificeren', ExpertiseCentrum Opdrachtgeverschap, 26 september
- ONRI (2005)**, 'Posities en rollen van advies- en ingenieursbureaus in een dynamische markt', manifest
- Oorsprong, J. (2006)**, 'Systems Engineering voor de HSL in Portugal – Toepassing SE in planstudiefase', Movares, presentatie, 8 mei
- Sombekke, E. (2005)**, Project Deel Kwaliteitsplan Hanzelijn Aansluitingen – Engineering fase: Engineering Rail Aansluitingen, Geluidsschermen en Stations', kenmerk PKP GP150200, versie 1.0, Holland Railconsult
- Veldhuizen, J. van (2005)**, 'Statement of work – Vraagspecificatie voor het werk '...', ProRail, AKI (Aanbestedingszaken, Kostenmanagement en Inkoop), versie 5.0

9.3 WEBSITES

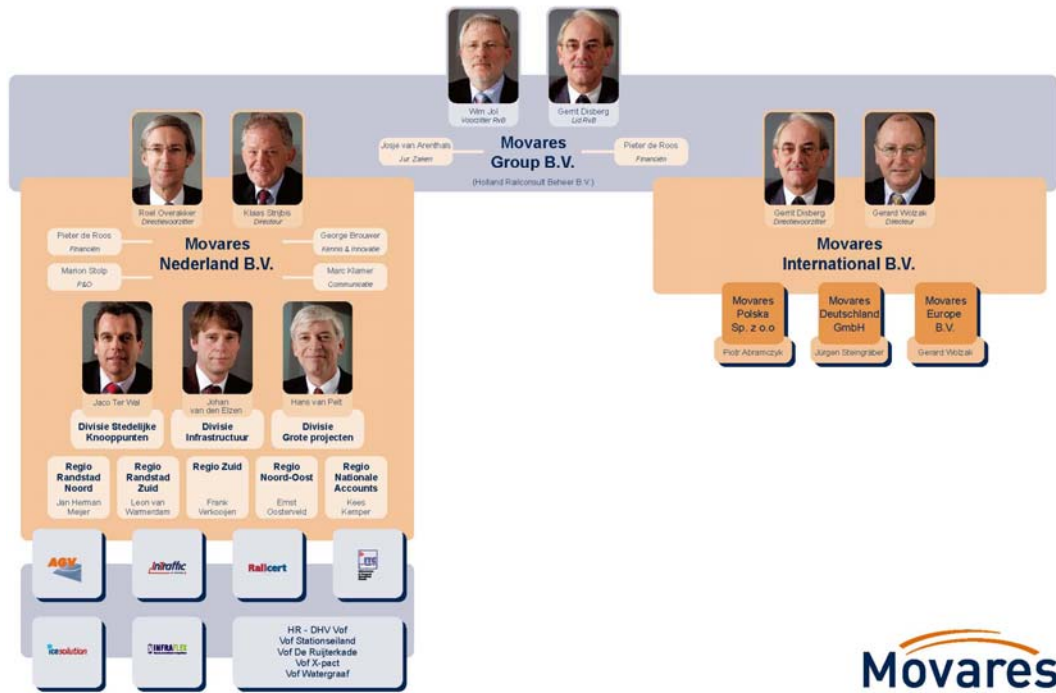
- Movares**, '<http://www.hollandrailconsult.nl>'
- INCOSE Nederland**, '<http://www.incose.nl>'
- INCOSE International**, '<http://www.incose.org>'
- ProRail**, '<http://www.prorail.nl>'
- Value Model**, '<http://www.valuemodel.com>'

9.4 WORKSHOPS

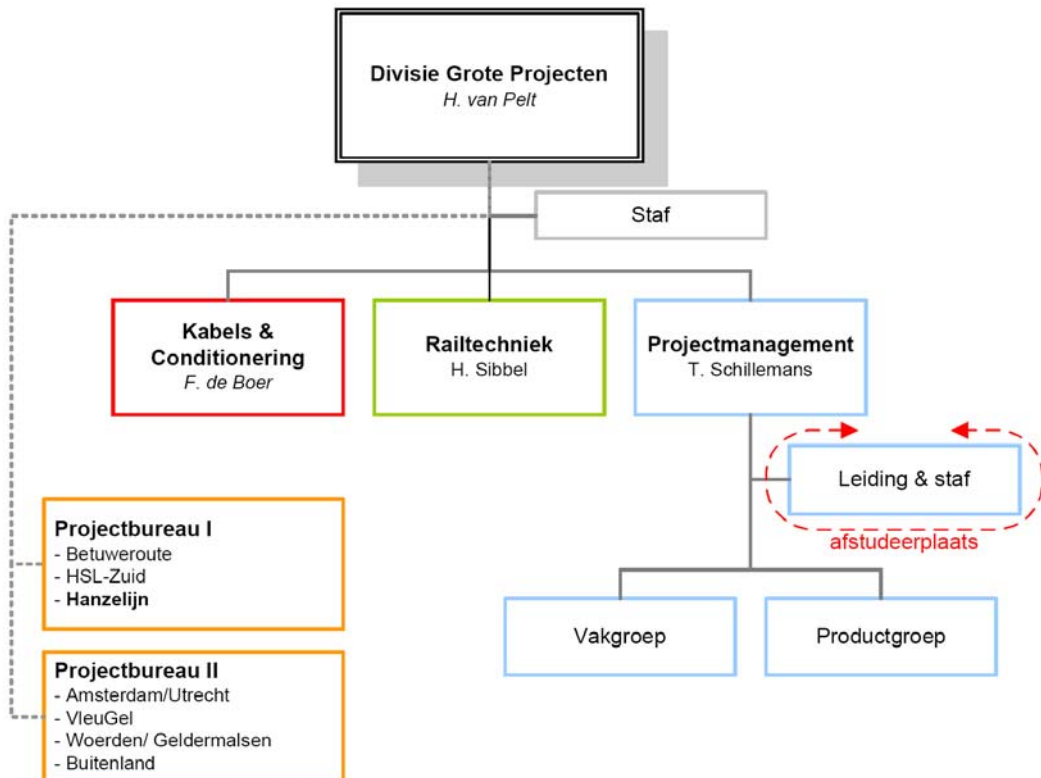
- Martin, J.**, 'Workshop Systems Engineering', INCOSE, 22 februari te Utrecht
- Bouwend Nederland**, 'Themabijeenkomst Systems Engineering', vakgroep Civiele Betonbouw, 11 mei te Bunnik
- Boersma, P., Engeldoer, H.**, 'Workshop Systems Engineering Hanzelijn-Aansluitingen', Movares, 23 maart 2006 te Utrecht

Bijlage 1 ONDERZOEKSONTWERP

§ 2.2 – Organogram organisatie Movares



figuur 32 – Organogram Movares Group B.V. (bron: website Movares)



figuur 33 – Organogram Movares Nederland B.V. divisie Grote Projecten

§ 2.4 – Probleemdomeinen – Onderzoekscontext

Systeem benadering

In de literatuur zijn velerlei opvattingen, definities en methodologieën van de systeembenadering te onderscheiden. Een helder beeld is echter moeilijk te verkrijgen. Kramer & Smit (1997) geven daarentegen een heldere en consistente uiteenzetting. Daarom is voor het eerste deel van dit betoog deze bron als leidraad gebruikt voor de beschrijving van de systeembenadering.

De traditionele wetenschappelijk methode voor het oplossen van problemen is gebaseerd op het machinedenken. In het machinedenken wordt uitgegaan van de interacties tussen elementen en daarmee worden relaties verklaard door een eenvoudige oorzaak-gevolg (causale) relatie. Het geheel van denken is gericht op analyse, waarbij het analyseren van het probleem gelijk wordt gesteld aan het oplossen van het probleem. Door Conklin (2003) worden dit soort lineair oplossingsgerichte problemen benoemd als 'tame problems'. Een belangrijke consequentie van causaal denken, is het ontkennen van de invloed van de omgeving. In het begin van de 20^{ste} eeuw konden verschijnselen/ problemen niet meer analytisch worden verklaard. Deze problemen zijn door Rittel geïdentificeerd als 'wicked problems'. 'Wicked problems' worden door hem, in Conklin (2003), als volgt gekarakteriseerd:

1. Je begrijpt het probleem pas wanneer je een oplossing hebt ontwikkeld;
2. Voor 'wicked problems' is geen (eind)oplossing te definiëren;
3. Oplossingen van 'wicked problems' zijn niet goed of fout;
4. Elk 'wicked problem' is in essentie uniek en nieuw;
5. Elke oplossing voor een 'wicked problem' is een eenmalige uitvoering;
6. 'Wicked problems' hebben geen alternatieve oplossingen.

Om te kunnen omgaan met 'wicked problems', is het systeemdenken nodig. In tegenstelling tot het machinedenken, worden synthese en analyse als complementaire processen gezien. Bij synthese draait het om een drietal stappen (Kramer & Smit, 1997): (1) identificeer het omvattend geheel waarvan het ding dat verklaard moet worden een deel is, (2) verklaar het gedrag of de eigenschappen van het omvattend geheel en (3) verklaar dan het gedrag of de eigenschappen van het ding, dat moet worden verklaard in termen van de rol of functie in het omvattend geheel. In de analyse wordt het verschijnsel dat moet worden verklaard, behandeld als een geheel dat uit elkaar moet worden genomen; in de synthese als een deel van een groter geheel. Analyse focust op de structuur, waarbij synthese focust op functie. Daardoor leidt analyse tot kennis, en synthese tot begrip (Kramer & Smit, 1997).

De systeembenadering (het systeemdenken), is een wijze van aanpak, een methodologie, waarbij het gaat om een tweetal uitgangspunten (Kramer & Smit, 1997): (1) de werkelijkheid wordt beschouwd vanuit gehelen en (2) de omgeving wordt als essentieel gegeven beschouwd, systemen worden gezien in wisselwerking met de omgeving.

Wanneer het systeemdenken en de systeemleer verder worden onderzocht, dan omvatten deze een drietal stromingen, namelijk (Kramer & Smit, 1997): (1) axiomatische systeemleer, (2) organistische systeemleer en (3) methodische systeemleer. Bij axiomatische systeemleer wordt uitgegaan van de axiomatische theorie dat een samenhangend stelsel van begrippen en concepten die empirisch als leeg worden beschouwd. De organistische stroming geeft inhoud aan het begrip systeem door analogieën met het begrip organisme. Systemen worden gekenmerkt door begrippen als groei, homeostase, aanpassing en overleving. In de methodische stroming tot slot, wordt de systeemleer voornamelijk gezien als een wijze van aanpak, een systeembenadering als probleemoplossingsmethode. Uitgangspunt is het nut van de systeemleer voor het oplossen van praktijkproblemen.

Kijkend naar de aard van dit onderzoek en de koppeling met SE (zie probleemdomein Systems engineering), zal de stroming van de methodische systeemleer worden aangehouden.

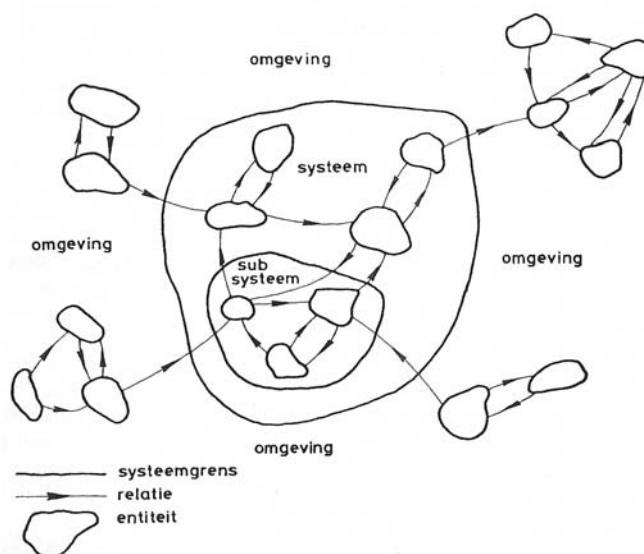
De essentie van de algemene systeemtheorie is de uitspraak dat het geheel meer is dan de som der delen (synergie). Dit verschil ligt in de begrippen 'systeem' en 'aggregaat'. Een

systeem kenmerkt zich door het feit dat de onderdelen zijn georganiseerd (zie figuur 34), in tegenstelling tot een aggregaat waarbij de onderdelen zijn toegevoegd. Het onderscheid ligt in de relatie tot het geheel, die bij een systeem wel aanwezig is en bij een aggregaat niet. Hieruit kan de definitie van een systeem worden afgeleid, namelijk (Kramer & Smit, 1997):

‘Een verzameling entiteiten met de verzameling relaties die onderling tussen de entiteiten bestaan’.

In deze context kunnen de volgende karkarakteristieken voor een systeem worden gedefinieerd (Ackoff in Kramer & Smit, 1997):

1. De eigenschappen of het gedrag van iedere entiteit van de verzameling heeft een effect op de eigenschappen op het gedrag van de verzameling als geheel;
2. De eigenschappen en het gedrag van iedere entiteit, en de manier waarop zij het geheel beïnvloeden, hangen op zijn minst af van de eigenschappen en het gedrag van één andere entiteit uit de verzameling;
3. Iedere mogelijke deelverzameling van entiteiten wordt gekenmerkt door de twee bovenstaande eigenschappen. Dientengevolge is het onmogelijk een systeem op te delen in onafhankelijke delen.



figuur 34 – Voorstelling van een systeem (bron: Kramer & Smit, 1997, p. 20)

Vanuit deze context kijkend en terugkomend op het aspect van complexiteit ('wicked problems'), dan is er in een project spanning tussen dat wat gewenst is en dat wat mogelijk is (Conklin, 2003). Dit spanningsveld omtrent eisen is herkenbaar (zie paragraaf 2.3.3). Bewustwording van de aard van het probleem, dus 'wicked' of 'tame', is noodzakelijk voor de aanpak van het project. Wanneer sprake is van een 'wicked problem', dan kan het komen tot een oplossing door zogenoemde fragmenterende krachten van sociale en technische complexiteit worden bemoeilijkt (Conklin, 2003). Sociale complexiteit komt voort uit de diversiteit van betrokken stakeholders. Naarmate er meer partijen in de samenwerking betrokken zijn en wanneer deze ook qua aard sterk uiteen lopen, neemt de sociale complexiteit toe. De technische complexiteit is daarentegen gelegen in het aantal technologieën die betrokken zijn bij de uitvoering van het project.

Concluderend kan worden gesteld dat de ontwerpen voor grote railinfrastructuurprojecten 'wicked' van aard zijn. Door sociale en technische complexiteit wordt het komen tot een ontwerp bemoeilijkt. Echter door analyse en synthese volgens de systeembenadering wordt het mogelijk de complexe projecten op te lossen.

Complexe product systemen (CoPS)

Complexe product systemen (CoPS) is met een drietal kenmerken te karakteriseren en daarmee te onderscheiden van massa geproduceerde producten, namelijk (Hobday & Rush, 1999):

1. De producten zijn waardevolle en kostbare goederen die opgebouwd zijn van vele samenhangende vaak op maat gemaakte onderdelen (control units, subsystemen en componenten). Veelal zijn de subsystemen op zichzelf complex van aard;
2. CoPS bestaat uit niet-lineaire processen in de tijd, waarbij kleinere veranderingen in een onderdeel van een systeem kan leiden tot grote(re) aanpassingen in andere (sub-) systemen;
3. CoPS worden geproduceerd in projecten of in kleine batches, waardoor hoge mate van betrokkenheid van de klant is.

Een uitgebreid overzicht van de kenmerken van CoPS is weergegeven in figuur 35. Het feit dat CoPS in hoge mate wordt ontwikkeld door een combinatie van verschillende kennisdomeinen, componenten en vaardigheden voor het ontwerp en uitvoering, betekend dat deze kostbaar zijn in de productie en aanschaf. Voorbeelden zijn telecommunicatie systemen, vliegsimulators, hogesnelheidstreinen, luchtverkeercontrolesystemen, intelligente gebouwen, wapensystemen etc. (Davies & Brady, 2000).

| <i>Challenges</i> | <i>Mass produced goods</i> | <i>Complex product systems</i> |
|-------------------------|---|--|
| Management objectives | Well defined/consistent goals Focused, clear | Ill defined/competing goals Unclear, multiple |
| Production task | Manufacturing-intensive Mass assembly driven Information codified Routine/measurable | Design-intensive Systems integration focus Information uncoded, tacit Non routine/hard to measure |
| Organization | Functionally-based Mechanistic Hierarchical departments | Project-based/cross-functional Organic** Consensus based/team based |
| Learning | Learning in functional depts. Learning routines systematic Explicit/codified | Learning in projects Learning sporadic, fragmented Implicit/tacit |
| Innovation processes | Manufacturing-intensive Supplier driven Single firm-centred Market mediated | Design-intensive Customer driven Collaborative, network driven Negotiated |
| Management tools | Off the shelf/proven Well established IT tools Consistent with real practice | Few, mostly unproven tools IT tools not well established Inconsistent with practice |
| Nature of risk | Controllable Predictable Short-term, stable | Hard to control/hidden Unpredictable/emergent Long-term, unstable |
| Decision making | Certain environment Complete information Goal-oriented | Uncertain environment Incomplete information Learning-centred |
| Customer/market | Arms length market transaction Market price Well defined market Requirements pre-defined | Involved, professional customer Negotiated price Multiple stakeholder interests Requirements negotiated |
| Success/failure factors | Efficiency/cost led Single criteria Easily defined/measured Departmental efficiency | Flexibility/effectiveness-led Multiple success criteria Hard to define/measure Team performance/effectiveness |

figuur 35 – Management uitdagingen, massa geproduceerde producten versus complexe product systemen (bron: Hobday & Rush, 1999, p. 628-629)

Kijkend naar deze kenmerken, kan worden gesteld dat railinfrastructuurprojecten kunnen worden aangemerkt als CoPS. Voor Movares als “CoPS producent”, is het interessant te weten wat de algemene problemen zijn binnen dit kennisdomein. Uit onderzoek van Hobday & Rush (1999) zijn de volgende problemen naar voren gekomen:

- Technische onzekerheid en moeilijkheden;
- Inefficiënte systemen en procedures;
- **Onvermogen in het vastleggen van eisen;**
- Ongeschikte organisatiestructuren;
- **Onbekendheid met nieuwe domeinen;**
- Niet consequente taak definitie;
- **Onvermogen in het vervullen van de wensen van de klant.**

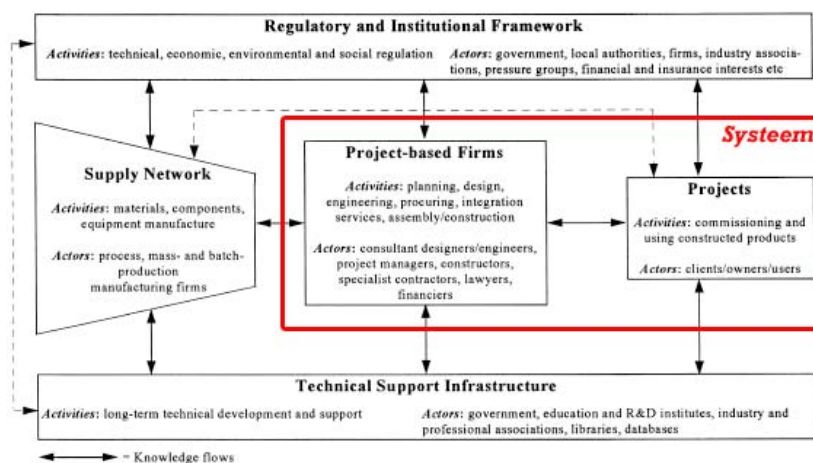
In relatie tot de aanleiding van dit onderzoek, kan worden gesteld dat de problemen van ‘onvermogen in het vastleggen van eisen’, ‘onbekendheid met nieuwe domeinen’ en ‘onvermogen in het vervullen van de wensen van de klant’ herkenbaar zijn voor Movares.

Deze problematiek dient niet uitsluitend in de context van Movares als organisatie te worden bekeken, maar ook de interactie met de actoren die bij de voortbrenging van een object dienen te worden betrokken.

In de context van CoPS hebben Gann & Salter (2000) een framework ontwikkeld (zie figuur 35). In dit kader kan Movares met een projectgewijze voortbrenging van hun producten, worden gekarakteriseerd als een ‘project-based firm’. ProRail als opdrachtgever vervult hierin dan de rol van ‘projects’. Intern in de ‘project-based firms’ worden door Gann & Salter (2000) een tweetal processen geïdentificeerd: (1) bedrijfsprocessen die repetitief van aard zijn en (2) projectprocessen die tijdelijk en uniek zijn. In dit geheel vormen de bedrijfsprocessen de ‘lijm’ voor het bijhouden van de verschillende projectonderdelen binnen de organisatie (Gann & Salter, 2000).

Terugkomend op de geïdentificeerde problemen van CoPS, dan hebben deze betrekking op zowel de bedrijfs- als projectprocessen. Met name de toelevering van producten binnen budget, tijd en kwaliteit van producenten van componenten en subsystemen blijkt een probleem (Hobday & Rush, 1999). Partnerorganisaties in CoPS projecten hebben vaak onderling verschillende doelen, prioriteiten en culturen. Sommige zijn zelfs concurrent van de ‘systems integrator’ bij andere projecten. Binnen deze projecten weten klanten onvoldoende, of zijn niet in de positie om het te weten, de benodigde eisen. Als reactie hierop worden wijzigingen van de projectdoelen door een verandering van de specificaties als “nieuwe” behoefte doorgevoerd, dat veel problemen geeft bij de producenten (Hobday & Rush, 1999).

Geconcludeerd kan worden dat zowel de bedrijfs- alsmede de projectprocessen binnen CoPS aanleiding zijn voor problemen. Voor het onderzoek zullen deze beide processen worden beschouwd, waarbij het accent zal liggen op het interne bedrijfsproces. Aangezien vanuit het perspectief van Movares de interactie met ProRail overheersend is, zal uitsluitend het systeem (zie figuur 36) als scope voor het onderzoek worden beschouwd.

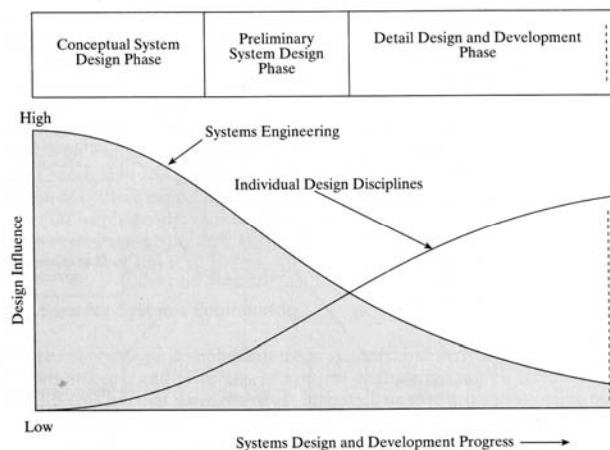


figuur 36 – Afbakening van onderzoek als systeem in figuur van kennis, informatiestromen en actoren in projectgebaseerde processen (bron: Gann & Salter, 2000, p. 960, bewerkt)

Systems engineering

Systems engineering (SE) kent vele toepassingen in verschillende disciplines, zoals in luchtvaart-, communicatie-, informatieproces-, civiele-, gezondheids- en elektronische systemen (Blanchard, 1998). Door de brede toepassing van SE, wordt het begrip van het SE proces veelal gedefinieerd door een individu of organisatie vanuit een betreffende discipline. Voordat zal worden gekomen tot een definitie van het SE proces voor dit onderzoek, zal allereerst worden gekeken naar de kenmerken van SE.

Het SE proces is voornamelijk een iteratief proces voor technisch management, acquisitie en levering, systeem ontwerp, product realisatie en technische evaluatie op verschillende niveaus van een systeem (INCOSE, 2004). Hierbij wordt begonnen bij de top (systeemniveau), waarna door decompositie wordt gekomen tot tussenliggende niveaus (subniveaus). Uiteindelijk moet worden gekomen tot een gewenst systeemontwerp. Op elk niveau waar gekomen is tot het gewenste resultaat, vinden iteraties plaats naar lager gelegen niveaus die nodig zijn om vertrouwen te krijgen voor de beslissingen die zijn genomen (INCOSE, 2004). Door dit decompositieproces wordt door analyse oplossingsruimte gecreëerd, waarna door synthese de onderdelen worden samengevoegd (zie theorie systeem benadering). De life-cycle benadering staat in het gehele SE proces centraal, waaronder: systeemontwerp en ontwikkeling, productie en/of constructie, distributie, uitvoering, onderhoud en tot slot de ontmanteling (Blanchard, 1998). Karakteristiek van het SE proces is de rol van het initiëren en vastleggen van systeemeisen, gerelateerd aan specifieke ontwerpcriteria en de opvolgende analyse om de effectiviteit van de besluiten in het begin stadium van het proces te waarborgen gedurende de life-cycle (Blanchard, 1998). Tot slot kenmerkt het proces zich door een interdisciplinaire aanpak gedurende het systeemontwerp en ontwikkelproces. Dit vereist de integratie van verschillende ontwerpdisciplines en hun relaties tot elkaar (Blanchard, 1998). Inherent aan het SE proces ten aanzien van een multidisciplinaire aanpak, is concurrent engineering (CE), ook wel bekend als integraal ontwerpen. SE lost complexe problemen op en vereist daarvoor intensieve communicatie en interactie tussen de verschillende (ontwerp)disciplines. CE tracht door de multidisciplinaire aanpak, (dure) ontwerpwijzigingen in een laat stadium van het ontwerpproces in een vroegtijdig stadium op te lossen. Hierdoor worden kosten bespaard (Martin, 2000), zie figuur 37.



figuur 37 – Invloed van SE op het ontwerp (bron: Blanchard, 1998, p. 40)

Nu deze kenmerken van het SE proces wetende, zal worden getracht te komen tot een definitie van SE voor het onderzoek. Zoals reeds aangegeven, is dit moeilijk door de brede toepassing van SE. Blanchard (1998) initieert een drietal definities vanuit de literatuur. De essentie van de definities luiden als volgt:

1. De applicatie van wetenschappelijke en engineering inspanningen voor het transformeren van operationele behoeften in een systeemaanpak door een iteratief proces van definitie, analyse, ontwerp, synthese, test en evaluatie;

2. Een interdisciplinaire aanpak die de gehele technische inspanning voor het ontstaan en verifiëren van een integrale life-cycle uitgebalanceerde set van systemen, mensen, producten en procesoplossingen die tegemoet komt aan de wensen van de klant;
3. Een interdisciplinaire samenwerkende benadering het afleiden, ontstaan en verifiëren van een uitgebalanceerd life-cycle systeem dat resulteert in oplossingen die tegemoet komt aan de behoeften van de klant en publiekelijk wordt geaccepteerd.

Met behulp van deze definities, is er gekomen tot een voor het onderzoek dekkende definitie, en luidt als volgt:

Een interdisciplinaire benadering volgens een life-cycle benadering waarmee behoeften van een klant worden getransformeerd in een systeemaanpak die door een iteratief proces de fasen van definitie, analyse, ontwerp, synthese, testen en evaluatie doorloopt om te komen tot een uitgebalanceerde set van oplossingen die aansluit bij de wensen van de klant.

De eisen die gesteld worden aan de uitvoering van een aanpak volgens SE vraagt een noodzakelijke investering in kennis, procesaanpak, transformatie van cultuur e.d. Deze investeringen moeten uiteraard voordelen opleveren. Doordat SE pas sinds kort (op kleine schaal) wordt toegepast in de civiele wereld, is in de literatuur nog weinig studiemateriaal te vinden. Brunton & Tarling (2003) zijn voor de railinfrastructuursector gekomen tot abstracte voordelen van toepassing van SE, namelijk: (1) 'scope of control' door het management van eisen, (2) interface management en (3) kennis van alle projecteisen. Deze informatie draagt bij aan de bewustwording van de mogelijkheden, maar zeggen voor het projectmanagement onvoldoende in de zin van tijd, geld en kwaliteit van het werk.

LTV Aerospace and Defense Company identificeert concretere voordelen; ze hebben echter geen betrekking op de infrastructuursector. Toch, is het interessant te weten welke resultaten reeds behaald zijn en daarmee wellicht ook in de railinfrastructuursector zijn te behalen. Dit betreffen de volgende voordelen (Martin, 2000):

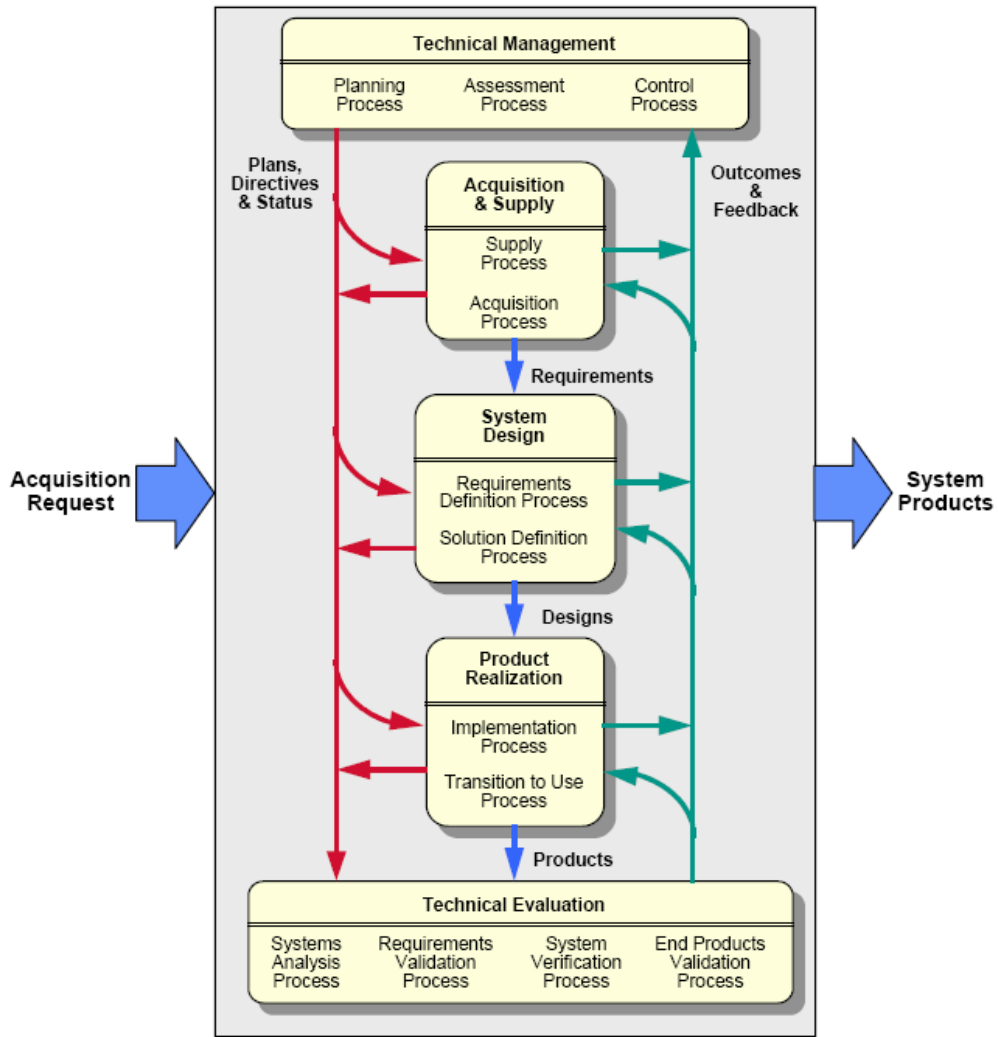
1. Kortere tijd benodigd voor het ontwikkelen, gereduceerd met 60%;
2. Reductie wijzigingsopdrachten van engineers met 50%;
3. Reductie herontwerp en bewerking met 75%;
4. Reductie productiekosten met 40%.

Deze voordelen hebben de volgende positieve consequentie (Martin, 2000; Blanchard, 1998): gereduceerde niet-terugkerende kosten, gereduceerde life-cycle kosten, een proces dat flexibel is met de verwachtingen en eisen van de klanten en toenemende kwaliteit van het ontwikkelproces.

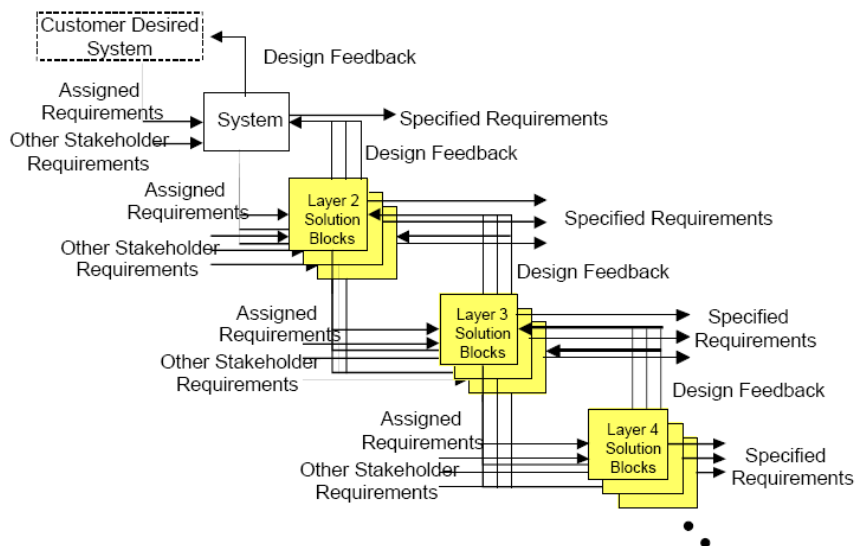
Terugkomend op het SE proces, kan dit niet een enkel life-cycle faseringsmodel worden beschreven (Mar, 1997). De verschillende eindproducten vereisen verschillende processen om deze effectief te realiseren. Ook de faseringen van het SE proces zijn niet eenduidig. Zo onderscheidt Blanchard (1998) achtereenvolgens de fasen: 'conceptual- preliminary design, detail design and development, production and/or construction and product use, phase-out and disposal'. Martin (2000) beschrijft daarentegen: SE management, requirements & architecture definition, design, integrated logistics support, production & deployment and system integration & verification.

In deze faseringen is toch een zekere mate van subjectiviteit van het individu c.q. organisatie terug te zien. Daarom is gekozen om voor de afbakening uit te gaan van de standaarden op het gebied van SE, namelijk de EIA/IS 632.

Onder deze standaard vallen de ISO 15288 (2002) en de ANSI/EIA 632 (2006). De eerste standaard omvat het concept en ontwikkeling, plus andere fasen van het life-cycle systeem op een abstract niveau. De tweede standaard beslaat daarentegen alleen het concept en ontwikkeling, maar dan tot op een gedetailleerder niveau. Aangezien de specificatie van eisen in het beginstadium van de ontwikkeling ligt, zal hier de focus van het onderzoek liggen. Daarom zal de beschrijving van het SE proces volgens de ANSI/EIA 632 worden aangehouden (zie figuur 38). Het onderzoek zal echter niet alle faseringen van het SE proces beslaan, omdat het onderzoek zal worden uitgevoerd binnen het domein van requirements engineering. Als afbakening van het SE proces, zal daarom uitsluitend worden gekeken naar het 'system design', dat wordt beschreven volgens figuur 39.



figuur 38 – SE proces (bron: ANSI/EIA-632 in INCOSE, 2004, p. 28)



figuur 39 – System ontwerp (system design) hiërarchie (bron: INCOSE, 2004, p. 33)

Bijlage 2 THEORETISCH FUNCTIONEEL SPECIFICATIEPROCES

§ 3.7.5 – Formulering van eisen

tabel 19 – Eisen aan de inhoud van eisen (bron: Eijbersen et al., 2004, p. 35-36, bewerkt)

| Eisen aan de inhoud | Toelichting |
|---------------------|--|
| Noodzakelijk | <ul style="list-style-type: none"> • Het onderwerp van de eis moet tot de scope behoren; • Zonder de eis moet er iets verkeerd gaan; • De eis mag geen dubbelganger zijn van een andere eis. |
| Compleet | <ul style="list-style-type: none"> • Een eis moet onderhouden worden onder de invloed van wijzigingen, bijvoorbeeld door gewijzigd inzicht betreffende de eis zelf of door wijzigingen in andere eisen, bijvoorbeeld de bovenliggende eis; • Nieuwe wet- en regelgeving kan wijzigingen afdwingen; • In voorkomende gevallen moet er voor gewaakt worden onvoldoende beheerde regelgeving onvoorwaardelijk te volgen. |
| Haalbaar | <ul style="list-style-type: none"> • Er moet minstens één mogelijkheid zijn om aan de eis te voldoen binnen grenzen van risico, tijd en geld. |
| Verifieerbaar | <ul style="list-style-type: none"> • Een eis moet een expliciete aanwijzing vormen voor de desbetreffende ontwerpinspanning; • Een eis moet te zijner tijd 'getest' en geverifieerd kunnen worden. |
| Marges | <ul style="list-style-type: none"> • Marges zijn nodig om over keuringscriteria te beschikken; • De verkregen waarde zal altijd spreiding vertonen om de genoemde (nominale) waarde. |
| Oplossingsvrij | <ul style="list-style-type: none"> • Dit is een relatieve eis die afhangt van het hiërarchische niveau in de specificatieboom; • Deze is dus afhankelijk van de projectfase; • Een eis moet maximale vrijheid laten voor de daarna volgende stap in het ontwerpproces; • Een eis mag niet vooruitlopen op (één van) de oplossing(en) die pas later aan de orde komen, tenzij voorschriften of andere a-priori afspraken daartoe dwingen. |

tabel 20 – Eisen aan de vorm van eisen (bron: Eijbersen et al., 2004, p. 36-37)

| Eisen aan de vorm | Toelichting |
|------------------------------|---|
| Eenduidigheid | <ul style="list-style-type: none"> • De formulering is maar voor één uitleg vatbaar en bevat geen dubbelzinnigheden; • De lezer moet geen veronderstellingen hoeven maken om de eis te kunnen begrijpen. |
| Vereist werkwoord | <ul style="list-style-type: none"> • Geen synoniemen als 'moeten', 'zullen' of 'behoren' gebruiken. |
| Positief formuleren | <ul style="list-style-type: none"> • Ondanks het vaak verhelderende van negatieve formuleringen, moet dit soort formuleringen worden vermeden; • Een negatieve formulering is soms wel te gebruiken, bijvoorbeeld in geval van uitzonderingen; • In toelichtingen kunnen negatieve formuleringen worden gebruikt. |
| Begrippenlijst | <ul style="list-style-type: none"> • Een begrippenlijst voorkomt verwarring bij de gebruikers van specificaties. |
| Niet gedefinieerde begrippen | <ul style="list-style-type: none"> • Begrippen die nog niet verklaard zijn in de begrippenlijsten en toch verklaring behoeven, moeten apart worden gedefinieerd. Dit voorkomt onduidelijkheid en onjuiste interpretatie bij mensen die gebruik maken van een specificatie. Vervolgens worden deze begrippen weer meegenomen in een nieuwe versie van begrippenlijsten. |
| Enkelvoudigheid | <ul style="list-style-type: none"> • De formulering bevat maar één eis; er wordt niet tevens impliciet of expliciet een tweede eis opgevoerd. |

| Eisen aan de vorm | Toelichting |
|-------------------|---|
| Bondigheid | <ul style="list-style-type: none"> Een eis wordt bondig geformuleerd als een stellende volzin, met een minimaal aantal zinsdelen. Anders lopen de eisen voor enkelvoudigheid, ondubbelzinnigheid, duidelijkheid en uniekheid gevaar. |
| Toelichting apart | <ul style="list-style-type: none"> Een eis moet niet zijn toelichting bevatten; Additionele tekst bijvoorbeeld in aparte kolom. |

tabel 21 – Eisen aan de context (bron: Eijbersen et al., 2004, p. 37)

| Eisen aan de context | Toelichting |
|----------------------------|---|
| Uniekheid | <ul style="list-style-type: none"> Deze eis aan eisen in niet van toepassing op een afzonderlijke eis, maar geldt voor een eis in zijn relatie met andere eisen uit de specificatie; Als er een relatie is met andere eisen, dan moet deze helder zijn, zodat overlap en onbedoelde strijdigheid wordt voorkomen. |
| Consistentie | <ul style="list-style-type: none"> Een eis mag niet intern strijdig zijn; Negatieve aansluiting: er moet niet een andere eis zijn die een strijdige oplossingsrichting zou vergen; Positieve aansluiting: tussen eisen mogen geen gaten bestaan. |
| Abstractheid/ concreetheid | <ul style="list-style-type: none"> Een eis dient overeen te stemmen met zijn nevensgeschikte eisen, tenzij dwingend voorgeschreven door regelgeving. |

tabel 22 – Eisen aan de naspeurbaarheid (bron: Eijbersen et al., 2004, p. 38)

| Eisen aan de naspeurbaarheid | Toelichting |
|------------------------------|---|
| Eistitel | <ul style="list-style-type: none"> Het spoor naar eisen niet te verliezen als de ordening wijzigt; Begrijpelijke verwijzingen en overzichten te kunnen maken; Een eistitel mag niet meer dan één keer gebruikt worden, anders kan er niet herkenbaar en eenduidig naar worden verwezen; Alleen een nummer ter verwijzing is ondoenlijk. |
| Eistitel samenstelling | <ul style="list-style-type: none"> De titel moet samengesteld worden uit woorden die ook in de tekst van de eis zelf voorkomen. |
| Eisnummer | <ul style="list-style-type: none"> Een eis heeft een identificatienummer om communicatie mogelijk te maken |
| Blijvendheid eisnummer | <ul style="list-style-type: none"> Het betekenisloze identificatienummer moet permanent zijn. |
| Interne bronverwijzing | <ul style="list-style-type: none"> Een eis moet zijn voorzien van een attribuut naar zijn bovengeschikte eis. |
| Externe bronverwijzing | <ul style="list-style-type: none"> Een eis moet, indien toepasselijk, voorzien zijn van een attribuut dat verwijst naar zijn bindend document om de eis te kunnen rechtvaardigen. |

HUIDIG FUNCTIONEEL SPECIFICATIEPROCES

§ 4.3.1 – Tracékaart Hanzelijn



figuur 41 – Tracékaart Hanzelijn Nieuwe Land (bron: ProRail, brochure 'De Hanzelijn')



figuur 42 – Tracékaart Hanzelijn Oude Land (bron: ProRail, brochure 'De Hanzelijn')

§ 4.3.2 & 4.4.2 – Interviewschema praktijkstudie

Interview Praktijkstudie

Datum: 15 mei 2006
Betreft: Casestudy Hanzelijn/ Casestudy HSL-Portugal
Deskundigen: Movares/ ProRail
Procesfase: (1) Identificatiefase, (2) Specificatiefase, (3) Ontwerpfase en/of
(4) Verificatie & validatiefase

1. Opening

- 1.1. Introductie afstudeeronderzoek
- 1.2. Persoonlijke introductie
- 1.3. Voorstellen geïnterviewde, functie binnen de organisatie

2. Inhoudelijk I – Huidige situatie

- 2.1. Op welke wijze is invulling aan functioneel specificeren gegeven m.b.t. het proces in het project?
- 2.2. Kijkend naar het huidige proces: welke kernpunten worden herkend en welke niet?
- 2.3. Hoe wordt sturing aan het proces gegeven?
- 2.4. Wordt SE van toegevoegde waarde voor het proces gezien? wat zijn de voordelen?
- 2.5. Welke factoren beperken implementatie van SE?
- 2.6. Hoe worden problemen voortkomend uit het proces opgelost?

3. Inhoudelijk II – Theoretisch kader

- 3.1. Naar welke optimalisatie in het proces wordt gestreefd?
- 3.2. Welke verbeterpunten c.q. veranderingen zijn daarvoor nodig?
- 3.3. Is het procesmodel een mogelijkheid? heeft een standaard toegevoegde waarde?
- 3.4. Heeft u nog aanvullingen?

4. Afsluiting & Expert meeting

- 4.1. Interesse in deelname Expert Meeting?
- 4.2. Informatie T-Xchange (versnellingskamer)
- 4.3. Mogelijkheid voor controle van het interview?

Hartelijk dank voor uw medewerking

§ 4.3.2 – Uitwerkingen interviews casestudy Hanzelijn

E. Sombekke – Movares: Projectmanagement

De heer Sombekke is projectmanager van het project Hanzelijn Aansluitingen. De focus binnen dit project zal liggen op de identificatie- en verificatie- en validatiefase.

Startend met de uitvraag van ProRail, werd gevraagd om een eisenspecificatie op subsysteemniveau te maken met bijbehorende engineering (subsystem design). De eisen tot subsysteemniveau en de producten op systeemniveau, waarbij gekomen is tot een tracébesluit, zijn gemaakt door Arcadis. Ten behoeve van het SE-ontwerpproces is gesteld dat Movares de subsysteemeisen zelf moet afleiden van de systeemeisen. De reeds opgesteld en meegeleverde subsysteemeisen uit het verleden waren ter informatie.

Doordat de uitvraag in principe start op subsysteemniveau ontbreekt, kijkend naar de procesbeschrijving, de identificatie van potentiële eisen. Inzicht in de eisen *an sich* is wel verkregen, die zijn immers opnieuw opgesteld. Echter is er geen inzicht verkregen in de overige onderdelen die onderdeel uitmaken van het identificatieproces, zoals het applicatiedomein, kennis van de organisatie etc. Een zogenoemde contractuele knip, brengt dus consequenties met zich mee.

Een ander punt van aandacht in de identificatiefase, is de identificatie van stakeholders. ProRail houdt zich hoofdzakelijk zelf bezig met identificatie en het onderhouden van de contacten met stakeholders. Movares wordt zo nu en dan bij deze overleggen opgeroepen. Dit is wel een punt van risico. Doordat de informatie over meerdere schijven gaat, verloopt de communicatie moeizamer en is er kans op misinterpretatie en informatieverlies. Dit alles hangt samen met de gekozen constructies van contracten, in relatie tot verantwoordelijkheden. Vertrouwen speelt tevens hier een grote rol in.

Kijkend naar de verificatie- en validatiefase, is het proces tot op heden hiertoe nog niet gekomen. Onlangs is namelijk pas gestart met het ontwerp. Echter om dit in de toekomst uit te kunnen voeren, is een referentiekader benodigd dat reeds in de specificatiefase moest worden gemaakt. Het blijkt dat hier aan gedacht is door het op te nemen in de kwaliteitsborging van het proces. Het ontbreekt echter aan concrete criteria waaraan toetsing mogelijk wordt. In de toekomst zal dit dus nog moeten worden ontwikkeld. Door het ontbreken van procesmatige structuur, kennis en ervaring met SE, wordt er meer een reactieve houding aangenomen in plaats van een pro-actieve. Dit werkt daarmee problemen in de hand.

Een procesbeschrijving zal daarom als standaard voor de disciplines van Movares van toegevoegde waarde zijn. Dit zou met name als communicatiemiddel kunnen dienen. Deze beschrijving behoeft echter wel nadere uitwerking in de vorm van tools e.d.

L. van Rooij – Movares: Stedelijke Knooppunten – Projectmanagement

De heer Van Rooij is 'lead engineer' voor de stations Lelystad, Dronten en Kampen.

De kennis binnen Movares van SE is niet groot. Om dit te vergroten zijn er tweedaagse SE cursussen aangeboden door de Australische deskundige R. Halligan. Het probleem hierbij was echter dat de cursus geen aansluiting vond bij de deskundigen. Dit kwam doordat de cursus niet was toegespitst op het eigen vakgebied; voorbeelden van radarinstallaties hebben immers weinig overeenkomsten met de bouw van een station. In navolging hierop is er daarom een cursus die wel was toegespitst, die concreet invulling kreeg met het project Hanzelijn.

Het werken met SE, wordt deels van meerwaarde gezien. Als voordeel wordt het afstemmen tussen partijen gezien. Met name spelen de raakvlakkeisen hier een grote rol in. Echter wordt SE in overheersende mate gezien als een last. Met name alles expliciet moeten maken, wekt weerstand op bij de ontwerpers. De aard van ontwerpers is immers om op impliciete en creatieve wijze tot een ontwerp te komen.

Procesmatig gezien, zou er daarom op abstracte lijnen moeten worden gespecificeerd. Rationeel gezien zou op expliciete wijze tot een functionele architectuur kunnen worden gekomen, waarbij hier creatief invulling aan kan worden gegeven. De praktijk is echter expliciet maken in het geheel door ontwerpers als last wordt ervaren; dus ook het expliciet maken op hoofdlijnen.

Dat het proces volgens SE moeilijk verloopt, blijkt uit de communicatie met de stakeholder gemeente Lelystad voor het ontwerp van station Lelystad. Movares heeft als adviseur de opdracht op een pre-DO te maken, met als doel het verkrijgen van een bouwvergunning. De stakeholder heeft dus een monopoliepositie. Wanneer het ontwerp in de ogen van de gemeente niet wenselijk is, moet dit worden aangepast. SE heeft dus geen nut, mede omdat de gemeente geen kennis heeft van SE. De vraag of ook de wensen en behoeften van de stakeholders worden geïdentificeerd, wordt met 'nee' beantwoord. Dan zou je twee keer zoveel geld kwijt zijn als je op deze wijze zou ontwerpen. Wel worden gewenste functies expliciet gemaakt, bijvoorbeeld de aanleg van een roltrap.

Je zou kunnen stellen dat doordat vormgeving niet genormeerd is, de ontwerpvrijheid groot is. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld het ontwerp van een bovenleiding. Vroeger toen stations nog door de Bouwdienst van Rijkswaterstaat werden ontworpen, werd dit gedaan op basis van vier varianten. Er was toen sprake van standaardisatie, waardoor toepassing van SE meer waarde had. Tegenwoordig doordat met het ontwerp rekening moet worden gehouden met (veel) omgevingsactoren, is implementatie van SE moeilijk.

Tot slot is de procesbeschrijving slechts gedeeltelijk van toegevoegde waarde. Met name als procesoverzicht zou het goed zijn. Om mee te werken in de praktijk is het echter moeilijk te begrijpen (door complexiteit). De voorstelling van SE volgens de twee piramiden, zijn daarentegen wel makkelijk te begrijpen.

R. Stronks – Movares: Afdeling Railtechniek – Ontwerp tractie- en energiesystemen

De heer Stronks is hoofdontwerper bij de afdeling Railtechniek. De projectcoördinatie en het ontwerp van bovenleidingen behoren tot zijn voornaamste taken. Hij heeft een korte introductie cursus gehad van SE, waarbij als uitgangspunt wordt genomen al werkende kennis m.b.t. SE te ontwikkelen en ervaring op te doen. Hierbij gaat het zowel om specificeren alsmede om het ontwerp.

Beginnend bij de specificatiefase, worden in het proces de volgende categorieën van eisen onderscheiden: (1) functionele eisen, (2) raakvlakeisen, (3) aspecteisen en (4) realisatie-eisen. Deze categorieën zijn niet zelf ontwikkelend, maar zijn opgelegd door de opdrachtgever ProRail. De opdrachtgever beperkt zich hier dus niet tot het opleggen van inhoudelijke eisen aan de opdrachtgevende partij. Voor de toetsing van de eisen wordt echter geen eis vanuit de opdrachtgever gesteld. Tot op heden is er überhaupt geen methode ontwikkeld dat toetsing van eisen mogelijk moet maken. Dit zal waarschijnlijk gebeuren gedurende het ontwerp.

In het proces van toepassing van SE, heeft het de intentie om eerst de eisen te specificeren en vervolgens te ontwerpen; eigenlijk zoals theoretisch wordt beschreven. In de praktijk blijkt dit moeilijk realiseerbaar. In het algemeen kijkend, kunnen voor het ontwerp van een bovenleiding slechts vijf potentiële functievervullers worden onderscheiden. Door toevoeging van eisen m.b.t. bijvoorbeeld de snelheid, blijven slechts twee mogelijke functievervullers over. De intentie om oplossingsvrij te specificeren is er wel, maar wordt door het gebrek aan mogelijke functievervullers ernstig bemoeilijkt. Het specificeren van eisen gebeurt dus op basis van de oplossing die in gedachte wordt gehouden. In feite wordt er van achter naar voren geredeneerd, dus van ontwerp naar specificatie van eisen door de beperkte oplossingsruimte.

Een mogelijkheid om dit op te lossen is het ontwikkelen van nieuwe functievervullers. Ontwikkeling blijkt echter maar in beperkte mate mogelijk, wat komt door de problematiek omtrent inpassing in de bestaande infrastructuur. De Hanzelijn moet immers aansluiten op bestaand spoor, waarbij je dus direct gekoppeld aan de daar gebruikte voeding van 1500V. Voor bijvoorbeeld de HSL is ontwikkeling wel mogelijk, dat ook door toepassing van 25kV ook is gebeurd. Dit komt doordat het geheel nieuwbouw betreft. De ontwerpvrijheid in de zin van oplossingsruimte wordt wel groter op een lager abstractieniveau. Dit moet echter meer in de vorm van detaillering worden gezien, dan fundamentele ontwerpkeuzes.

Wanneer het huidige proces naast de kernpunten wordt gelegd, worden een aantal aspecten herkend, maar echter impliciet worden toegepast. Dit betreffen de ontwerpprincipes van simpliciteit en onafhankelijkheid. Het nut van modulariteit wordt gezien, alleen niet toegepast. Tevens wordt het punt van waardecreatie wel herkend, alleen wordt hier onvoldoende expliciet bij stil gestaan. Het voorstel van splitsing in basis en additionele functies kan hiervoor een oplossing zijn. Tevens wordt het punt van support en ongewenste functies in de praktijk niet herkend. Hier wordt echter wel de meerwaarde van ingezien.

Kijkend naar de voordelen die SE kan opleveren, worden in de praktijk zeker gezien. Met name de traceerbaarheid van eisen en het voor de klant inzichtelijk maken waar deze voor betaald, worden als voordelen gezien. Er worden bewuster keuzes gemaakt, waardoor explicieter wordt gewerkt. Hierdoor is communicatie met andere disciplines mogelijk, waarin het RVTO (Richtlijnen voor het railverkeer technisch ontwerp) een belangrijke rol speelt. Efficiëntie wordt (nog) niet herkend als voordeel, dat mede komt doordat SE voor de eerste keer wordt toegepast. Als SE beter wordt ontwikkeld binnen de organisatie en bij de opdrachtgever, zal het voordeel van efficiëntie toenemen. Tot op heden wordt uitsluitend sturing aan het proces gegeven door de projectmanager. Deze treedt dus in feite op als interne 'systems integrator'. Sturing vanuit de opdrachtgever is er niet, waarbij het ontbreken van de noodzakelijke kennis als oorzaak wordt gezien.

Kijkend naar mogelijke optimalisaties m.b.t. het proces, kan worden gesteld dat wordt gestreefd naar meer transparantie. Door het ontbreken van een gestructureerde (expliciete) werkwijze, is moeilijk te bepalen waar je in het proces zit en wat de volgende stappen zullen zijn. Tevens wordt de vertaling en controle van eisen van een hoger niveau, naar een lager niveau als een knelpunt gezien. De oorzaak hiervan is gelegen in het feit van het ontbreken van een voedingsplan. Hierdoor wordt het afleiden en tevens aantonen dat aan de bovenliggende eisen, voortkomend uit het ontwerp, wordt voldaan.

P. Boersma – Movares: Afdeling Railtechniek: processturing

De heer Boersma is Lead Engineer voor de engineering van de Hanzelijn-Aansluitingen. Specifiek in deze fase houdt hij zich bezig met de specificatie van functionele eisen voor de beveiliging.

Als uitgangspunt voor de engineering, heeft ProRail een eisenspecificatie op subsysteemniveau geleverd die is opgesteld door Arcadis. Een belangrijk gegeven hierin was de functionele opsplitsing in een achttal subsysteemspecificaties. Hieronder viel ook het onderdeel beveiliging. De vraag voor Movares was echter op welke wijze tot deze functionele architectuur was gekomen. Als eerste punt ontbrak namelijk de onderbouwing voor de gemaakte voor de architectuur. Ten tweede was deze keuze in feite een ontwerpslag, die dus niet zozeer plaats kon vinden in de specificatiefase. Het proces werd dus voor Movares beperkt door met name de opgelegde functionele architectuur. Overige procesmatige eisen ten aanzien van SE waren er niet, met uitzondering van de vraag voor een objecten- en functieboom.

Als belangrijk knelpunt wordt gezien de zogenoemde 'contractuele knip' die door ProRail is gemaakt. Het feit is namelijk dat het systeemniveau is uitgevoerd door Arcadis, waarna de producten zijn overgedragen aan Movares die verder gaat op subsysteemniveau. Als lastig wordt dan ook de koppeling van eisen tussen subsysteem- en systeemniveau ervaren. De inrichting van het bovenliggende proces is anders dan die van het onderliggende, wat voor verwarring zorgt. De meerwaarde van uitvoering van het gehele proces in eigen beheer wordt dan ook zeker gezien.

Het proces van specificeren wordt doorlopen van eisen naar functies, die vervolgens worden gekoppeld aan functievervullers. De vertaalslag van eisen naar functies levert in feite de functionele eisen. Het accent ligt echter op het definiëren van functies en niet zozeer op functionele eisen. Expliciet wordt invulling gegeven aan functionele, aspect en raakvlakeisen. Onder aspecteisen worden uitsluitend de RAMS eisen verstaan. De prestatie-eisen als voorbeeld nemende, krijgen dus geen expliciete invulling in het proces. Kijkend naar de toetsing van deze eisen in de vorm van een referentiekader voor de validatie van eisen, heeft dit tot nu toe geen invulling gekregen.

Sturing van het proces, krijgt wel expliciete invulling door het maken van een ontwerpverantwoording, dat in feite een processpecificatie is. Dit document moet dienen als communicatiemiddel van de gemaakte keuzes richting de opdrachtgever. Tevens moet dit dienen als basis voor andere disciplines in de organisatie die later in het proces invulling zullen geven aan andere subsystemen. Als groot probleem in de sturing van het proces is de 'hold' die gezet is op de uitwerking van subsystemen die buiten het contract van Movares vallen. Omdat hierdoor geen interactie c.q. afstemming is met andere ontwerpende partijen, is het heel moeilijk om in deze situatie een ontwerp te maken. Immers ontbreekt er informatie, lees interface-eisen, van andere subsystemen die eigenlijk benodigd is. In de toekomst zou dit tevens voor problemen kunnen zorgen, doordat bij de uitwerking van de

overige subsystemen er reeds ontwerpen zijn gemaakt. Dit worden dus randvoorwaarden, die wellicht weer moeten worden gewijzigd.

Terugkijkend op het tot nu toe doorlopen proces, wordt met name het (expliciet) nadenken over de te nemen processtappen als voordeel gezien. Tot op heden wordt er in de spoorwereld heel mono-disciplinair gewerkt, waarbij het daadwerkelijke ontwerp als geheel pas aan het eind werd bekeken. Mogelijke optimalisaties werden toen weinig en als ze werden uitgevoerd in het eindstadium uitgevoerd. Nu is door de SE werkwijze de trend om eerst de objecten te inventariseren en die vervolgens in het geheel inpassing te geven.

Als belangrijkste beperking wordt de gemaakte 'contractuele knip' gezien en het missen van integraliteit van het proces door de 'hold' op de andere subsystemen. De vraag of de gemaakte procesbeschrijving meerwaarde op zou kunnen leveren, werd met 'ja' beantwoord. Het zou kunnen dienen als communicatie intern om sturing aan het proces te geven, maar ook als communicatiemiddel richting de opdrachtgever.

B. Haase – Movares: Afdeling Railtechniek: Beveiliging

De heer Haase is werkzaam als teamleider railverkeerstechnisch ontwerp op de afdeling Railtechniek, vallend onder de divisie Grote Projecten. De focus van het interview ligt op de ontwerpfase, waarbij ook is gekeken naar de overgang van specificatie- naar ontwerpfase.

Kijkend naar de ontwerpfase, is het essentieel of het gaat om aanpassing aan de bestaande situatie, of dat het gaat om nieuwbouw. De mate van ontwerpvrijheid hangt hier namelijk mee samen. Wanneer het gaat om aanpassing aan bestaande situatie speelt inpassing in de omgeving een veel grotere rol, dan wanneer het om nieuwbouw gaat. De omgeving vormt dan het kader waarbinnen kan worden gespecificeerd en ontworpen.

De mate ontwerpvrijheid voor de nieuwbouw is echter niet zo groot als veelal wordt gedacht. Door voorschriften en regelgeving wordt veel ontwerpruimte ingeperkt. Dit wordt gedaan om de risico's in te perken. Er bestaat wel vrijheid, waarbij Movares de mogelijkheid wordt geboden om met alternatieven te komen. Het is echter alleen wel zo dat er een aantoonplicht is, waarbij moet worden aangetoond dat de variant net zo veilig is als het huidige systeem. Indien ProRail of een andere partij hieraan goedkeuring verleent, gaat de verantwoording over naar de goedkeurende partij. In combinatie met een toenemende druk vanuit ProRail om werken voor een laag mogelijke prijs, worden daarom veelal geen alternatieven voorgesteld en gehouden aan de ontwerpvoorschriften.

De kijkend naar de haalbaarheid van toepassing van SE in de spoorwereld, wordt dit deels wel en deels niet positief gezien. Met name procesmatig zijn er voordelen te behalen. De traceerbaarheid en het maken van een ontwerpverantwoording heeft toegevoegde waarde voor het project. De activiteiten worden gestructureerder uitgevoerd en valt efficiëntie te behalen. Echter t.a.v. inhoudelijke haalbaarheid wordt dit niet als positief gezien.

De voordelen van toepassing van SE ontbreken door de grote inperking van de ontwerpvrijheid zoals hierboven beschreven. Door ProRail wordt er dus een uitvraag gemaakt, die in principe door de beperkingen en invulling geen vraag meer is, maar puur een formalisatie in de vorm van bijvoorbeeld tekeningen. Dit blijkt bijvoorbeeld uit het de spoor lay-out op station Lelystad. Het gehele ontwerp lag er al, voordat aan het eigenlijke ontwerp zou moeten worden begonnen. Alleen details behoeften te worden uitgewerkt. Hier bleek echter wel een fout in het ontwerp dat werd aangeleverd te zitten.

Naast beperking van ontwerpvrijheid, spelen subbelangen ook een grote rol in de moeilijk lopende interactie tussen opdrachtgever en opdrachtnemer. Doordat (sub)belangen van verschillende partijen binnen ProRail strijdig met elkaar zijn of niet op dezelfde lijn liggen, werken deze verlamd op de doelen van het project. Een oplossing die hiervoor mogelijk is, is een procesgerelateerde standaard waarover van beide zijde overeenstemming wordt bereikt.

SE stelt in het proces een multidisciplinaire aanpak centraal. In de ontwerpfase komt dit echter niet voor; alleen in de voorstudie fase. De raakvlakken worden in kaart gebracht, waarna binnen het kader door de ontwerpdisciplines afzonderlijk van elkaar wordt ontworpen. Invulling geven aan SE moet daarom minder strak op alle punten worden toegepast, maar specifiek op die punten die meerwaarde opleveren. De voorkeur wordt uitgesproken tot en met RVOI fase 2 volledig SE toe te passen en daarna per discipline t.a.v. SE meer vrijheid te krijgen.

M. van der Ploeg – ProRail: Projectmanagement

De heer Van der Ploeg is momenteel contractmanager en tevens regio projectmanager bij de afdeling Infraprojecten. Voorheen vervulde hij de functie van projectleider ontwerp voor de Hanzelijn.

In de vraagspecificatie van de Hanzelijn is een werkwijze volgens SE opgelegd aan de opdrachtnemende partijen. De reden hiervoor is het realiseren van een reductie in de engineering- en uitvoeringskosten. Het komen tot innovatieve ontwikkelingen speelt hierin geen rol. Centraal in dit geheel staat de aantoonbaarheid voor de gemaakte (ontwerp)keuzes, met als doel 'de goede dingen te doen', ook wel expliciet werken.

In de aanbesteding is een selectie gemaakt op basis van de laagste prijs, in combinatie met selectie op kwaliteit. Dit laatste aspect werd meetbaar gemaakt door het opstellen van werkpakketten. In deze aanbesteding heeft Movares onderdelen gecontracteerd gekregen, maar ook verloren. Dit was niet zozeer te wijten aan een te hoge aanbestedingsprijs, maar onvoldoende kwaliteit c.q. expertise in de ogen van de opdrachtgever op het gebied van SE. Tot op heden is er geen maatstaf om de kwaliteit van deze expertise te meten, die overigens in de vorm van een certificering wel in ontwikkeling is bij INCOSE.

Verder ingaand op de kwaliteit van SE bij het ingenieursbureau (Movares), blijkt dat de verwachtingen bij de opdrachtgever niet geheel aansluiten op de geleverde producten. Daarom zijn ook taken die feitelijk het ingenieursbureau zou moeten doen, namelijk het schrijven van de eispecificatie op hoger niveau, overgenomen door ProRail. Dit vraagt om extra werk, terwijl dit eigenlijk door het ingenieursbureau had moeten worden uitgevoerd. De trend die zichtbaar is, is dat ingenieursbureaus de opdrachtgevers weinig naar haar wensen en behoeften vraagt. Doordat voorgaande jaren volgens de RVOI is gewerkt, wordt door het ingenieursbureau gedacht de behoeften en wensen van de klant te weten. Echter door een andere vraagspecificatie, namelijk een werkwijze volgens SE, sluiten de wensen en behoeften niet aan op de geleverde producten.

In deze context zou het ingenieursbureau meer een adviserende rol moeten aannemen, waarbij expliciet de wensen en behoeften van de opdrachtgever in kaart worden gebracht. Dit relaterend aan de ontwikkeling van kennis op het gebied van SE, zal een ingenieursbureau pro-actief moeten inspelen op de behoefte aan expertise (op het gebied van SE). Tot nu toe wordt vooral re-actief gehandeld, waarbij in de ogen van de opdrachtgever op dit moment nog onvoldoende kennis aanwezig is op het gebied van SE.

Deze gehele discussie hangt samen met de rol van het ingenieursbureau in de bouwwereld. In tegenstelling tot de aannemerij, kan een ingenieursbureau niet risicodragend opereren. De opdrachtgever ziet voor het ingenieursbureau dan ook zuiver een adviserende rol weggelegd. Omdat de projecten worden gefinancierd met belastinggeld, wordt gestreefd naar minimale (advies)kosten. De reden hiervoor is dat deze advieskosten niet direct toegevoegde waarde opleveren in de vorm van een product. Om deze reden worden steeds meer D&C contracten gemaakt, om de rol van de aannemer te vergroten en daarmee kosten te besparen. Kijkend naar het voorgaande, zou het ingenieursbureau zich daarom meer moeten kijken naar de behoeften en wensen van de opdrachtgever. Door hierop in te spelen kan meer werk worden verkregen. Een verschuiving die dan zal optreden is een reductie van (advies)uren, maar een compensatie in de vorm van bijvoorbeeld hogere uurtarieven. Daarbij speelt mee, dat producten die voldoen aan de verwachtingen van de opdrachtgever, uitzicht biedt op (meer) toekomstig werk (continuïteitsintentie). Momenteel worden deskundigen op het gebied van SE bij Arcadis ingehuurd, voortkomend uit de geleverde kwaliteit van voorgaande projecten.

In de identificatiefase dienen ook de stakeholders te worden geïdentificeerd. De rol die ProRail hierin heeft is met name politiek gevoelige contacten te beheren. Voor technische gegevens kunnen ingenieursbureaus de ruimte krijgen om dit één op één met de stakeholder(s) af te stemmen. Om die ruimte te krijgen, dient er een goede terugkoppeling te zijn van de besproken zaken.

Het procesmodel kan van meerwaarde zijn voor het interne bedrijfsproces van het ingenieursbureau, bijvoorbeeld voor het bieden van structuur. Ook voor mogelijk toekomstige certificering zou een procesbeschrijving de aantoonbaarheid van de kwaliteit op het gebied van SE kunnen vergroten. Echter door wantrouwen bij de opdrachtgever door de tegenvallende resultaten, heeft de procesbeschrijving voor haar weinig meerwaarde. Zij wil nu eerst concreet kwalitatief resultaat zien, op basis van expertise van SE.

§ 4.4.2 – Uitwerkingen interviews casestudy HSL-Portugal

J. Oorsprong – Vakgroep projectmanagement

In reactie op de vraagspecificatie van de opdrachtgever om een adviesrol te vervullen voor het ontwerp van de HSL, is gestart met het maken van een ‘user requirement specification’ (URS). Omdat de opdrachtgever qua technische kennis en tevens op het gebied van SE weinig deskundig is, kon zij haar wensen ten aanzien van de te ontwerpen spoorlijn niet goed en systematisch identificeren. In de rol van adviseur is daarom door voor de opdrachtgever een URS gemaakt. Het uitgangspunt hierbij was te verplaatsen in de opdrachtgever wat haar wensen zouden kunnen zijn. In overleg werd dit bevestigd of aangepast. Om hiertoe te komen is een aanpak volgens SE gehanteerd. De aanpak was op basis van logisch verstand de eisen te inventariseren. De categorisering van eisen gebeurde dus (tevens) op basis van logica. Daarnaast werd informatie bijvoorbeeld verkregen via vakbladen waarin de opdrachtgever uitlatingen deed, die mee konden worden genomen in het ontwerp. De opdrachtgever had moeite met het nemen van het besluit om de URS als uitgangspunt te kiezen. Men is niet gewend om zaken op te schrijven en vervolgens weer aan te passen als dat nodig is.

Na de URS te hebben gemaakt, werd gestart met het maken van een systeemspecificatie. Deze eisen moesten uiteraard te koppelen zijn aan de bovenliggende eisen van de gebruiker. Dit leverde een iteratief proces op, waarbij er eisen waren die wel en niet konden worden gekoppeld. De eisen die niet konden worden gekoppeld, zijn in principe overbodig. Echter bleken er ook eisen te zijn die noodzakelijk waren voor de bouw de HSL. Concluderend kan de dus worden gesteld dat er “gaten” zaten in de URS, die door toevoeging van eisen moesten worden “opgevuld”.

Het proces werd tot op dat moment top-down uitgevoerd. Voortuit kijkend in het proces moesten er ook beslissingen worden genomen op componentniveau, omdat die grote invloed hadden op het ontwerp. Neem bijvoorbeeld de keuze voor een spoor met ballast of dat deze moest worden ingegoten. Daarom werd vanaf de systeemspecificatie niet uitsluitend top-down, maar tevens bottom-up gewerkt. Bottom-up werken helpt om “gaten” in bovenliggende specificaties op te sporen.

De meerwaarde van SE is met name tot uiting gekomen in het gestructureerd weergeven van de deelsystemen. Hierdoor kon expliciet worden gekozen om in een bepaald stadium bepaalde sub-(sub-)systemen wel of niet uit te werken. Door uiteenrafeling en integratie kon het totale doel voor ogen worden gehouden, waardoor multidisciplinair kon worden gewerkt.

De SE methodiek kende echter ook knelpunten. Ten eerste was er een gebrek aan SE kennis binnen het team. De inhoud van begrippen werd moeilijk begrepen, waarbij tevens het draagvlak voor een werkwijze volgens SE laag was. Wat je merkte was dat technici wel wisten hoe ze het moesten ontwerpen, maar veel moeite hadden om dit in de vorm van eisen te specificeren. Als tweede punt waren er de civiele deskundigen die wel de intentie hadden om SE toe te passen, maar stelden dat het ontwerp niet te vangen was in eisen. Dit was echter wel mogelijk door het maken van varianten in combinatie met het stellen van randvoorwaarden. Als laatste punt was er weerstand door de aanwezigheid van (ontwerp)normen. Voor bijvoorbeeld de bouw van een viaduct werd de meerwaarde van het opstellen van eisen niet gezien, omdat alle voorschriften al in de normen staan. Hierbij werd echter niet altijd gezien dat de HSL een variant is die vraagt om voorschriften die niet in de normen staan vermeld.

Concluderend kan je stellen dat de complexiteit voor de bouw van civiele werken door de aanwezigheid van normen afneemt. Voor technische installaties bijvoorbeeld is de complexiteit hoog omdat de ontwerp vrijheid ook groter is.

Het procesmodel tot slot wordt van toegevoegde waarde gezien. Met name inzicht in de ontwerpcriteria en het expliciet kunnen maken van een ontwerpkeuze tussen varianten die technisch gezien hetzelfde realiseren. Tevens kan het procesmodel dienen als communicatiemiddel, waarbij wel moet worden opgemerkt dat dit alleen zin heeft wanneer de opdrachtgever ook deskundig genoeg is.

D. Vermeij – Afdeling railtechniek: processturing

De heer Vermeij is gedetacheerd geweest via Movares voor het project HSL-Portugal. De uitvraag voor het project was contractbegeleiding, waarbij er geen intentie was voor de toepassing van SE. Voordat met deze taak werd begonnen, bleek dat de opdrachtgever reeds consultants de opdracht had gegeven delen van het traject Lissabon – Porto m.b.t. tot de engineering aan te besteden. Het gevolg hiervan was dat deze input in de vorm van ontwerpcriteria nodig hadden. Er bleek echter dat er geen enkele specificatie was gemaakt: geen eisen waren geformuleerd. Bij de opdrachtgever leefde namelijk de gedachte dat de bouw van een HSL-netwerk qua complexiteit gelijk zou zijn aan de opwaardering van bestaand spoor. De vergissing die hier gemaakt werd, was het verschil in ontwerp vrijheid, die bij de HSL vele malen groter was. Daar moet bij worden vermeld dat de opdrachtgever heel weinig (technische) ervaring had met de aanleg van spoor, kijkend naar de opdrachten van de afgelopen tijd.

Om het project aan te kunnen pakken, is door Movares gekozen de SE benadering toe te passen. Doordat werd vastgehouden aan de aanbesteding van engineering door de consultants, stond het leveren van de gevraagde input vast. Hierdoor werd er zowel top-down als bottom-up gewerkt. De bottom-up werkwijze heeft invulling gekregen in de vorm van een brainstorm, waarbij eisen van verschillende abstractieniveaus en voor de verschillende disciplines zijn geïnventariseerd. Vervolgens hebben deze eisen invulling gekregen in een framework, dat is gebaseerd op de principes van SE door onderscheid te maken in abstractieniveaus en eisen & ontwerp. De top-down werkwijze was nodig om te komen tot een programma van eisen. Het specificeren van deze eisen is object georiënteerd gebeurd, dus niet zozeer functioneel. De reden hiervoor was gelegen in het feit dat het proces bottom-up ook gaande was, waarbij er dus eigenlijk naar elkaar toe werd gewerkt. Het gevolg van het specificeren van objecten, was het ontbreken van communicatie, procedures en menselijke interacties die in het ontwerp benodigd waren. Achteraf gezien heeft dit wel het voordeel gehad dat de object georiënteerde uitvoering beter aansloot bij de communicatie met de consultants. Wanneer er functioneel was gespecificeerd, hadden zij er weinig van begrepen door het ontbreken van de kennis van het denken in functies.

Toen de gemaakte producten werden gecommuniceerd met de opdrachtgever, bleken deze niet aan te sluiten op datgene wat de opdrachtgever had gevraagd. Het bleek dat, mede door het verschil in interpretatie van de taal, er verschillend werd gedacht over het begrip ‘technische specificatie’. Movares was in de veronderstelling dat dit ontwerpseisen (inhoudelijk) betrof, terwijl de opdrachtgever een ‘Statement of Work’ (procesmatig) verwachtte, waarin stond welke producten de aannemer voor de engineering moest leveren. Kijkend naar de opdrachtgever, kan worden gesteld dat deze geen of nauwelijks wensen c.q. behoeften had; alles werd overgelaten aan de marktpartijen. Achteraf bezien, wordt de grote mate van ontwerp vrijheid dan ook als knelpunt gezien. Wanneer er meer kennis op het gebied van SE was geweest, was het makkelijker geweest om meer structuur in het geheel aan te brengen. Een procesmodel had daarbij kunnen helpen.

De interactie met de stakeholders, verliep geheel via de opdrachtgever. Met name het contractuele aspect van aansprakelijkheid speelt hier een rol. Aangezien de verantwoording contractueel gezien bij de opdrachtgever lag, moest deze dan ook aanspreekpunt zijn in het geheel.

Concluderend kan worden gesteld dat toepassing van SE zeker toegevoegde waarde heeft. Het proces wordt expliciet en bespreekbaar gemaakt. Hierdoor wordt inzichtelijk waar de “gaten” in het proces en in het ontwerp zit. Als beperkingen voor implementatie van SE wordt met name gebrek aan tijd, contractvormen (in de vorm van aansprakelijkheid) en gebrek aan kennis gezien. Hieraan toegevoegd moet de opdrachtgever de meerwaarde van toepassing van SE zien.

F. Behr – Advies Groep Verkeer (AGV)

De heer Behr is gedetacheerd op HSL-Portugal als specialist voor de exploitatie van de HSL. De focus van het interview ligt op de ontwerpfase. Voordat hij werkte op de HSL, had hij geen kennis van SE.

Het doel voor van deze fase van het project was te komen tot een tracébesluit en een kostenraming. Echter een prominent probleem bij de uitvoering van het werk was het ontbreken van professionaliteit bij de opdrachtgever. Door het ontbreken van zowel inhoudelijke alsmede procesmatige expertise, was er weinig sturing en feedback.

Consortium waar Movares in zit voor project- en procesmanagement namens de opdrachtgever RAVE. Een belangrijke taak is de aansturing van de consultants (die zorgen voor het ontwerp van delen van de HSL). In principe had dit door het engineeringteam rechtstreeks kunnen worden gedaan, maar werd bemoeilijkt door tussenkomen van opdrachtgevende partij en procesmanagementgroep.

Kijkend naar het proces, is ervoor gekozen om een aanpak volgens SE te hanteren. Dit heeft tot nut gehad dat er gekomen is tot enige structuur en consistentie in de producten. Hierdoor werd het gemakkelijker communiceren. Voorlopig ligt het specificatieproces volgens SE stil, maar wanneer in de toekomst verder wordt gegaan met het project is helemaal niet zeker of verder wordt gegaan met de aanpak volgens SE. Met name ontbreekt het aan SE expertise bij de opdrachtgever en daarmee ook aan draagvlak. Hierdoor is het moeilijk om aan te sluiten bij de wensen van de klant.

Wat wel invulling krijgt is 'value engineering'. Een interessant aspect is het feit dat een onderneming uit Australië softwarematig optimalisaties in het tracé te realiseren. Dit kan door input van o.a. eenheidsprijzen (van infrastructuur) en een Digitaal Terreinmodel (DTM). In het specifiek, was het soms moeilijk onderscheid te maken tussen eisen enerzijds en oplossingen anderzijds. Het heeft niet in de eerste plaats de intentie gehad om SE toe te passen om te komen tot een optimale ontwerprijheid. De gedachte van waaruit wordt gewerkt is die van 'proven technology'. Dit wordt gevoed door de overtuiging dat bewezen technologie doet wat het moet doen en nieuwe (innovatieve) technieken alleen maar leidt tot grotere risico's op kosten en tijdsoverschrijding.

Concreet kijkend naar het procesmodel, kan dit wellicht toegevoegde waarde hebben als communicatiemiddel. Behoeft er echter ook aan een concrete invulling.

§ 4.5.2 – Interviewschema ProRail functioneel specificeren

Interview ProRail functioneel specificeren

Datum: 19 mei 2006
Betreft: Eisen en verwachtingen ProRail functioneel specificeren
Deskundigen: ProRail

1. Opening

- 1.1. Introductie afstudeeronderzoek
- 1.2. Persoonlijke introductie
- 1.3. Voorstellen geïnterviewde, functie binnen de organisatie

2. Inhoudelijk I – Huidig proces

- 2.1. Heeft SE in de praktijk toegevoegde waarde kijkend naar het proces? wat zijn de voordelen?
- 2.2. Heeft het toepassen van SE voor de spoorwereld nut, kijkend naar de beperkingen die in de ontwerpvrijheid worden opgelegd door voorschriften en regels?
- 2.3. Welke factoren beperken implementatie van SE, in relatie tot opdrachtnemende partijen?
- 2.4. Op welke wijze wordt met deze beperkingen omgegaan?
- 2.5. Hoe geeft ProRail als opdrachtgevende partij sturing aan het SE proces? In welke mate wordt de rol van 'systems integrator' vervuld?
- 2.6. Wordt er expliciet invulling gegeven aan de identificatie van stakeholders? Zo ja, op welke wijze?
- 2.7. Op welke wijze wordt er gekomen tot het identificeren van eisen?

3. Inhoudelijk II – Procesverbetering

- 3.1. Welke verwachtingen en eisen heeft ProRail ten aanzien van het proces van functioneel specificeren voor Movares als opdrachtnemende partij?
- 3.2. Welke optimalisaties c.q. veranderingen zijn daarvoor nodig?
- 3.3. Zijn de punten uit de vorige vraag haalbaar?
- 3.4. Is het procesmodel een mogelijkheid? heeft een standaard toegevoegde waarde?

4. Afsluiting & Expert meeting

- 4.1. Interesse in deelname Expert Meeting?
- 4.2. Informatie T-Xchange (versnellingskamer)
- 4.3. Mogelijkheid voor controle van het interview?

Hartelijk dank voor uw medewerking

§ 4.5.2 – Uitwerkingen interviews ProRail

C. Meijneken – ProRail: Projectmanagement – Infraprojecten

De heer Meijneken is werkzaam als planontwikkelaar bij de divisie Infraprojecten. Elke divisie heeft aparte taken en verantwoordelijkheden binnen ProRail. Zo richt Infraprojecten zich op de fase van ontwikkeling van aanbesteding tot en met de uitvoering.

Toepassing van SE wordt van toegevoegde waarde gezien door ProRail, specifiek, door de divisie Infraprojecten. Het is namelijk zo dat SE niet organisatie breed wordt ondersteund, omdat zoals zojuist is aangegeven, elke divisie aparte taken en verantwoordelijkheden heeft. Als voorbeeld kijkend naar de divisie Spoorontwikkeling (SPO) die zich bezig houdt met de planontwikkeling, dan is er voor hen weinig toegevoegde waarde voor toepassing van SE. Dit wordt althans zo gezien. Dit leidt tot interne wrijving, waardoor communicatie van opdrachtnemende partij richting ProRail wordt bemoeilijkt.

Kijkend naar de voordelen van implementatie van SE, wordt met name het creëren van structuur en eenduidigheid gezien als de belangrijkste punten. Hierdoor ontstaat transparantie dat zich uit in traceerbaarheid van eisen en het kunnen herleiden van ontwerpkeuzes. Een softwarepakket dat hiervoor wordt gebruikt is Smart-Team. Dit zogenoemde Object Data Softwaremanagement, dient ervoor de genoemde voordelen te realiseren. Het kan worden gezien als een intern hulpmiddel. Hier blijft het echter niet bij. ProRail heeft namelijk de visie om een procesmatige werkwijze aan de opdrachtnemende partijen voor te schrijven. In het programma van eisen wordt dit gevat in het 'Statement of Work' (SOW) en de procesbeschrijving voor de specificatie van eisen. Dit is nodig om specifiek invulling te geven aan SE, waarbij er niet de intentie is om inhoudelijke eisen te stellen.

Een belangrijke reden waarom er voorschriften zijn t.a.v. het proces, is de mogelijkheid creëren voor het kunnen vergelijken van ontwerpen op meest economische aanbidding. Wanneer dit niet zou worden gedaan, zal iedere opdrachtnemer een andere invulling aan het proces geven, waardoor vergelijking wordt bemoeilijkt. Daarnaast speelt ook het aspect vertrouwen mee. Doordat ProRail zich qua expertise afhankelijker opstelt, neemt de zekerheid af. Voor ProRail is het dus maar afwachten welk product wordt gerealiseerd. Om tot meer grip op het proces te houden, worden dus eisen gesteld aan het SE-proces. Als laatste punt speelt het afleggen van verantwoording mee. Door het inzichtelijk hebben op welke wijze tot het ontwerp is gekomen, wordt duidelijk waar deze keuze op is gebaseerd. De producten van SE zijn in dat opzicht een communicatiemiddel naar het hoger management. Het werken met SE wordt dus opgelegd vanuit de opdrachtgevende partij. Hierbij heeft het niet de intentie om wederzijds draagvlak te creëren. Voor de implementatie van SE bij de opdrachtnemende partijen wordt tot nu toe met name het ontbreken van kennis en ervaring gezien als de belangrijkste knelpunten. In antwoord op de vraag of een standaard in de vorm van een procesmodel meerwaarde op zal leveren, werd duidelijk beantwoord met ja. Het zou kunnen dienen als communicatiemiddel dat zorgt voor structuur.

In de ontwikkeling van een systeem, hebben niet uitsluitend opdrachtgevende en opdrachtnemende partijen een rol. Ook stakeholders maken deel uit van dit proces. Een belangrijke taak van ProRail is het informeren en communiceren met stakeholders. Om controle te houden over het proces, scherm ProRail deze communicatie met stakeholders af voor de opdrachtnemende partij(en). Alle informatie verloopt dus via ProRail. Hierbij wordt het ontbreken van expertise van ProRail niet als nadelig gezien voor het vervullen van de functie van intermediair.

R. van der Rest – ProRail: Projectmanagement – Infraprojecten

SE is een werkwijze die in het verleden eigenlijk al impliciet door technici wordt gebruikt. Dit komt met name voor bij disciplines waar het denken in systemen, het zogenoemde 'systeem denken', in het werk verweven is. Een voorbeeld hiervan zijn elektrotechnici. Kijkend naar het werk van civiel technici, wordt er niet zozeer gedacht in systemen maar in (ruimtelijke) beelden. Het ontbreken van het denken in systemen door civieltechnici, zou wel eens de oorzaak kunnen zijn van beperkte implementatie van SE.

De deskundigen op het gebied van SE hebben in tegenstelling tot de technici veel (abstracte) domeinkennis (van SE). Echter ontbreekt het veelal aan inhoudelijke (technische) kennis. Wanneer je dus de implementatie van SE wil verbeteren, zal dit vragen om een combinatie van technisch inhoudelijke kennis enerzijds en domeinkennis van SE anderzijds. Centraal in dit geheel is het begrijpelijk kunnen vertellen c.q. uitleggen wat SE inhoud om implementatie succesvol te kunnen laten zijn.

Voor ProRail zijn de ontwikkelingen op het gebied van SE onontkoombaar. Daarom wordt in de vraagspecificatie een werkwijze volgens SE als eis gesteld. Dat dit een onontkoombaar feit is voor ProRail, is met een drietal begrippen te onderbouwen: SE is (1) nuttig, (2) nodig en (3) noodzakelijk. Dat SE *nuttig* is blijkt uit het feit dat we te maken hebben met complexe projecten. SE kan worden gezien als hulpmiddel dat de uitvoering van het werk vergemakkelijkt. Als tweede punt is SE *nodig* omdat ProRail infrabeheerder van het spoor is en daarmee tot taak heeft te zorgen voor de aanleg en het beheer van het spoor. Dit vraagt om een life-cycle benadering. Dit wordt ondersteund door een werkwijze volgens SE. Tot slot is SE *noodzakelijk* omdat we te maken hebben met projecten die worden gefinancierd uit belastinggeld. Het is daarom nodig om aan derden te kunnen aantonen welke onderbouwing c.q. keuzes aan de investering ten grondslag ligt. Hier speelt mee dat ProRail als opdrachtgevende partij in haar nieuwe rol minder technische expertise en meer een regisserende rol heeft en wil vervullen.

Binnen ProRail bestaan momenteel een tweetal invullingen die aan SE kan worden gegeven. Dit bepaalt indirect de sturing die aan het proces kan worden gegeven. De eerste variant wordt toegepast door AKI, waarbij SE uitsluitend in contractuele zin wordt voorgeschreven. De tweede variant, waar de heer Van der Rest voor pleit, is het opstellen van eisenspecificaties door ProRail. Gedacht moet worden aan het niveau van topeisen tot en met subsysteemniveau. Dit is echter projectafhankelijk. De reden om deze taak in eigen beheer te houden, is het feit dat ProRail als opdrachtgevende partij het beste de eisen kan stellen i.r.t. bijvoorbeeld RAMS-eisen. Een ingenieursbureau kan, met name in de identificatiefase, hierbij een faciliterende rol spelen. Er moet immers inbreng zijn van zowel technische- alsmede domeinkennis.

Specifiek kijkend naar de eisen in de specificaties, worden er een drietal categorieën onderscheiden, namelijk: (1) functionele eisen, (2) aspecteisen en (3) raakvlakeisen. De eerste groep bevat naast uiteraard functionele eisen ook prestatie-eisen. Deze twee categorieën worden geïntegreerd tot een eis. De aspecteisen omvatten de RAMS-eisen. De laatste groep heeft betrekking op externe interface-eisen. Dit zijn eisen die relatie hebben met de omgeving (dus buiten de systeemgrens).

Stakeholders spelen in de projecten een belangrijke rol. Er wordt dan ook door ProRail een uitgebreide stakeholder-analyse uitgevoerd, waarbij de rollen van de verschillende partijen wordt vastgesteld. ProRail wil en kan uitsluitend, met name op systeem- en subsysteemniveau, de regie in dit geheel hebben. Dit kan echter wel in interactie met een ingenieursbureau, kijkend naar haar technische expertise. Op een lager (technisch) niveau is het mogelijk dat een aannemer deze rol overneemt. Dit kan echter niet worden overgenomen door een ingenieursbureau, omdat deze in financieel opzicht geen verantwoordelijkheid c.q. aansprakelijkheid kan dragen. Een aannemer kan door investering van gelden in de onderneming dat wel.

J. van den Berge – ProRail: Projectmanagement (SPO)

Implementatie van SE heeft een tweetal kanten, namelijk die van kennis en van cultuur. In het eerste aspect ligt met name het gebrek van kennis aan zowel opdrachtgevende als opdrachtnemende zijde. Doordat er tot op heden nog weinig ervaring opgedaan is op het gebied van SE, moet de werkwijze zich (nog) ontwikkelen.

Het andere aspect van cultuur komt met name naar voren dat ProRail niet meer zozeer moet formuleren in oplossingen, maar beter de eisen moet specificeren. Wanneer dit beter wordt gedaan, is ook scherper wat de wensen en eisen van ProRail als opdrachtgevende partij zijn. Tot nu toe gebeurt dit nog onvoldoende. Om dit te kunnen realiseren, is er meer technische expertise bij ProRail nodig om deze eisen op te kunnen stellen. Dit is nodig om de expliciet gemaakte ontwerpkeuzes inhoudelijk ook te kunnen beoordelen. De trend die nu veelal zichtbaar is, is dat de oplossingen “gewoon” worden geaccepteerd zonder inhoudelijke toetsing. Soms is het zelfs zo dat ingenieursbureaus de specificaties schrijven, om vervolgens

als input te dienen voor deze ingenieursbureaus. Dit is een verkeerde aanpak. ProRail als deskundig opdrachtgever moet weten wat zij wil en dat dus ook kunnen formuleren in eisen. Daar komt bij dat het draagvlak voor SE binnen ProRail niet breed wordt ondersteund, wat de ontwikkeling bemoeilijkt.

Hierop voortbordurend werd de vraag gesteld of in de identificatiefase de expertises van domein- en technische expertise niet kan worden gecombineerd; dan behoeft ProRail immers geen (nieuwe) technische expertise in huis te hebben. Theoretisch zou dit kunnen ja, maar vanwege een principe kwestie is dit niet wenselijk. ProRail wordt daarmee te afhankelijk voor het formuleren van haar wensen. Dit past niet op het profiel dat ProRail een deskundige opdrachtgever is en wil zijn.

ProRail zou in deze context de eisenspecificaties op moeten stellen. Voor civiele werken kan worden volstaan met formulering van uitsluitend top-eisen. Voor spoortechniek zou de opdrachtgever tot en met subsysteemniveau moeten (kunnen) specificeren. In dit geheel zou het ingenieursbureau de vertaling van eisen naar oplossingen expliciet moeten maken. Tot op heden gebeurt dit nog onvoldoende. Er bestaat geen twijfel bij ProRail over de deskundigheid van Movares. Echter is de wens bij ProRail om met name de integratie van disciplines en de afstemming van de interface-eisen expliciet te maken.

Samenvattend kan dus worden gesteld dat ProRail beter haar wensen en eisen (functioneel) moet specificeren. Ingenieursbureaus moeten daarentegen meer maatwerk leveren en op een expliciete wijze werken.

Tot slot kan de procesbeschrijving zeker van meerwaarde zijn. Voor de ontwikkeling van kennis binnen ProRail en structurering van het proces kan het zeker helpen.

P. Stam – ProRail: Planvorming en Infra (SPO)

De heer Stam is planontwikkelaar bij de afdeling Spoorontwikkeling, unit infra & knooppuntontwikkeling. Centraal hierbij staat het maken van planstudies.

Startend bij de vraag of SE toegevoegde waarde heeft voor deze divisie, wordt duidelijk beantwoord met 'ja'. SE helpt bij het stellen van de juiste vragen om te komen tot een oplossing van het probleem. In de huidige werkwijze worden deze vragen veelal te laat in het proces gesteld, waardoor problemen in de hand worden gewerkt. Het draait hier dus om het expliciet maken. De meerwaarde verschilt echter intern binnen ProRail, wat komt door de verschillende aard van de afdelingen. Met name technisch georiënteerde afdelingen hebben moeite met het zien van de voordelen van SE. Tevens speelt voor de toepassing van SE ook een rol of de projecten betrekking hebben op aanleg van nieuw spoor, of dat het gaat om aanpassing van het huidige spoor. Nieuwbouw kent minder beperkingen t.a.v. ontwerp en uitvoering, doordat er minder beperkingen zijn die de huidige situatie stelt.

Vanuit de opdrachtgever is er de intentie, eigenlijk de vraag voor uitvoering van het werk volgens SE. Het blijkt dat kennis van SE een belangrijke rol speelt bij de implementatie van SE. Het is daarom vanuit de opdrachtgever noodzakelijk één of meerdere contactpersonen te hebben bij de opdrachtnemende partij, die (goede) kennis heeft van SE. Deze 'systems engineer' moet de schakel zijn tussen de opdrachtgever en de tekenaars/ ontwerpers. Zorgvuldige communicatie speelt hierin een cruciale rol.

Ten aanzien van het proces van de opdrachtnemer, worden hieraan door de opdrachtgever geen standaard eisen gesteld en verschilt dit van project tot project. Er wordt door ProRail niet een vaste SE-methodiek voorgeschreven. Succesvolle toepassing van SE werkt alleen wanneer opdrachtgever en opdrachtnemer samen voor het project de juiste methodiek bepalen. Wederzijds begrip en eenduidigheid over wat precies wordt bedoeld, is cruciaal. Punt van aandacht in het SE proces voor de opdrachtnemende partijen, is aansluiting bij de wensen van de klant. Veelal ontbreekt het juist aan het vasthouden van de SE systematiek door tijdsdruk. Dat is jammer, omdat het nu juist zoveel op zou kunnen leveren in de latere fasen van het project. Het expliciet maken en bewustwording krijgen van basis en additionele functies zou hiervoor een hulpmiddel zijn om meer bij de wensen van de opdrachtgever aan te sluiten.

Waardecreatie is belangrijk voor de klant, maar ook verwezenlijking van de wensen van de stakeholders zijn belangrijk. ProRail neemt en wil ook expliciet een leidende rol hebben in de interactie met de stakeholders. Dit wordt gedaan omdat ProRail dit ziet als haar verantwoordelijkheid en deze rol formeel in de wet is vastgelegd (denk bijvoorbeeld aan de

mogelijkheid tot onteigening). Dit betekent echter niet dat samenwerking tussen opdrachtgever en opdrachtnemer ten aanzien van de interactie niet mogelijk en wenselijk is. Inbreng van de opdrachtnemende partij kan van meerwaarde zijn. Echter blijft ProRail centraal hierin staan.

Kijkend naar de gemaakte procesbeschrijving, kan deze van meerwaarde zijn in de interactie tussen opdrachtgever-opdrachtnemer. Het zou met name kunnen dienen als communicatiemiddel. Er moet dan niet zozeer worden gedacht aan een standaard, omdat dit vaak meer weerstand bij personen oproept dan begrip. Beter is een soort algemeen framework dat de mogelijkheid biedt om specifieke invulling te geven. Voor het slagen van een project is het van groot belang dat er niet enkel gecommuniceerd wordt over eisen/specificaties, maar dat juist ook concrete producten/ resultaten worden besproken. Met name tekeningen blijven voor technici belangrijk om te communiceren over het te realiseren object.

P. Brouwer – ProRail: AKI – Adviseur contractzaken

De heer Brouwer is werkzaam bij de divisie Aanbestedingszaken, Kostenmanagement en Inkoop. Als voorzitter van INCOSE, heeft hij veel affiniteit met SE.

ProRail als opdrachtgevende organisatie is druk bezig met het verspreiden van het SE gedachtegoed binnen de organisatie. De meerwaarde van toepassing van SE wordt zeker gezien, met name voor het gebruik bij complexe projecten. Het draagvlak is echter afhankelijk van de divisie binnen het bedrijf. Zo geven technici al veel invulling aan SE, terwijl de capaciteitsmanagers en de beheerders de meerwaarde tot op heden nog weinig inzien.

De vraag van ProRail aan opdrachtnemers wordt geformuleerd aan de hand van een tweetal producten geleverd, namelijk: een eisenspecificatie en een statement of work (SOW). De eisenspecificatie legt het 'wat' voor het project vast; het SOW geeft de eisen t.a.v. de wijze waarop het werk moet worden uitgevoerd, het 'hoe' in relatie tot het proces. De mate waarin eisen aan het proces in het SOW worden gesteld, hangt af van de risico's die worden geïdentificeerd. Wanneer er meer risico's zijn, zullen ook meer eisen t.a.v. van het proces zijn en omgekeerd. Om voor het proces meer houvast te hebben, is de trend om aan te sluiten bij de internationale standaarden. Dit moet de interoperabiliteit en eenduidigheid van het proces vergroten. Niet alleen ProRail is hier mee bezig, maar ook bijvoorbeeld Rijkswaterstaat.

In de context van verwachtingen, kan er specifiek voor het proces binnen Movares aanbevelingen worden gedaan. Als opdrachtgevende partij zou Movares meer kunnen inspelen op de behoeften van de klant. Aangezien kennis de 'core competence' is van het ingenieursbureau, zou je verwachten dat zij pro-actief inspeelt op de wensen van de klant. Movares kan zich profileren door een inspanning te leveren op het gebied van de vertaalslag van abstract concept naar het niveau van de ontwerpvoorschriften. Kennis op dit gebied moet nog ontwikkeld worden.

De mogelijkheden t.a.v. de ontwikkeling van kennis is niet het enige aspect. De toegevoegde waarde van SE voor het ontwerp in de spoorwereld wordt niet altijd benut. Dit komt door de beperkingen in regelgeving, waaronder de OVS (Ontwerpvoorschriften Spoor). Hier kan echter veel creatiever mee om worden gegaan. Variaties binnen de regelgeving kunnen worden benut om tot een optimaal ontwerp te komen, waarbij dus niet zozeer moet worden gekeken naar de wijze waarop het in het verleden werd uitgevoerd.

Gezien de ontwikkelingen op het gebied van SE, zou de procesbeschrijving zeker van toegevoegde waarde kunnen zijn. ProRail geeft Movares de ruimte om zelf het proces binnen de organisatie in te richten. Belangrijk is wel dat dit aansluit bij het proces dat door ProRail intern wordt gehanteerd. Alleen dan is er koppeling mogelijk en kan het dienen als communicatiemiddel. Voortbordurend hierop zou de procesbeschrijving robuuster worden wanneer het aan zou sluiten bij de internationale standaarden.

Bijlage 4 HAALBAARHEID VERBETERVOORSTEL – EXPERT MEETING

§ 6.3 – Ontwerp Expert Meeting

tabel 23 – Invulling huidige functioneel specificatieproces per topic

| Topic | Invulling | Toelichting |
|-------|---|---|
| 1. | Definiëren van functies. | De keuze voor de functies komt impliciet tot stand, veelal op basis van kennis en ervaring van voorgaande projecten. Een onderbouwing voor de keuze van de functionele architectuur ontbreekt dus. Voorbeelden van functies zijn: energielevering, transporteren, accommodatie etc. |
| 2. | Categorieën: (1) functionele eisen (incl. prestatie-eisen), (2) aspect eisen en (3) raakvlakeisen. | De functionele eisen zijn de eisen en wensen van de opdrachtgever die worden gekoppeld aan de functies. Tevens worden de prestatie-eisen in de functionele eisen geïntegreerd. Voorbeeld: vervoeren van personen van A naar B in 30 minuten. |
| 3. | Impliciete keuze voor functionele architectuur waarbij door variantenmatrix de functievullers worden afgewogen. | De functionele architectuur is reeds impliciet tot stand gekomen. Mogelijke functievullers worden aan de functies gekoppeld, waardoor indirect wordt voldaan aan de eisen. Op basis van weging wordt een keuze gemaakt voor de toe passen functievullers. |

tabel 24 – Invulling verbetervoorstel functioneel specificatieproces per topic

| Topic | Invulling | Toelichting |
|-------|---|---|
| 1. | Definiëren van functionele eisen | De wensen en eisen van de opdrachtgevende partij worden, wanneer deze niet functioneel zijn gespecificeerd, omgezet in functionele eisen. Er worden geen functies gedefinieerd. Voorbeeld: vervoeren van personen van A naar B. |
| 2. | Categorieën: (1) functionele eisen, (2) niet-functionele eisen incl. prestatie-eisen en (3) interface-eisen | Naast de gedefinieerde functionele eisen, worden ook de categorieën 'niet-functionele eisen' en 'interface-eisen onderscheiden'. De prestatie-eisen worden opgenomen in de categorie 'niet-functionele eisen', die uiteraard moeten worden gekoppeld aan de functionele eisen. Voorbeeld prestatie-eis: rijtijd van 30 minuten. |
| 3. | Expliciete keuze van functievullers en functionele architectuur | De keuze van de functionele architectuur komt tot stand door onderscheid te maken in: basis functies, additionele functies, support functies en ongewenste functies. Neem als voorbeeld een auto. De basis functie is het transporteren van mensen. Airconditioning geeft een comfortabel klimaat, dat daarmee additionele functie is; het levert meerwaarde op voor de opdrachtgever. De radiator is een support functie omdat deze de temperatuur van de motor reduceert; komt voort uit tekortkoming in technologie. De ongewenste functie is de uitstoot van uitlaatgassen. De keuze van de functionele architectuur komt tot stand op basis van de ontwerpprincipes simpliciteit, onafhankelijkheid en modulariteit. In combinatie met de keuze van de functievullers, komt expliciet de functionele architectuur tot stand. |

tabel 25 – Spelregels casestudy voor onderdelen 3a en 3b

| Onderdeel | Opdrachtgevende partij | Opdrachtnemende partij |
|-----------|---|---|
| 3a. | <ul style="list-style-type: none"> Voor de specificatie houden aan invulling van tabel 23; Beschouwing van uitsluitend het systeem (het project) zonder externe interfaces; Aangeven wat de wensen en eisen zijn voor de bouw van het project; Anticiperen op specificaties en ontwerp van opdrachtnemende partij, desgewenst wijzigingen aanbrengen; Aangeven welke onderdelen meerwaarde hebben; Standpunt innemen dat verantwoording moet worden afgelegd; Dient tevens de rol van de stakeholders te vervullen; Geen gebruik van de procesbeschrijving. | <ul style="list-style-type: none"> Voor de specificaties en ontwerp houden aan invulling van tabel 23; Beschouwing van uitsluitend het systeem (het project) zonder externe interfaces; Geen gebruik van de procesbeschrijving. |
| 3b. | <ul style="list-style-type: none"> Voor de specificatie en ontwerp houden aan invulling van tabel 24; Aangeven wat de wensen en eisen zijn voor de bouw van het project (lieft functioneel); Anticiperen op specificaties van opdrachtnemende partij, desgewenst wijzigingen aanbrengen; Standpunt innemen dat verantwoording moet worden afgelegd; Aangeven welke onderdelen meerwaarde hebben; Dient tevens de rol van stakeholders te vervullen; Gebruik van de procesbeschrijving | <ul style="list-style-type: none"> Voor de specificatie en ontwerp houden aan invulling van tabel 24; Beschouwing van uitsluitend het systeem (het project) zonder externe interfaces; Streven naar aansluiting bij de wensen van de opdrachtgevende partij, met name door verwerking van de door de opdrachtgevende partij aangegeven meerwaarde; Gebruik van de procesbeschrijving. |

§ 6.4 – Resultaten en analyse expert meeting

Results for Survey #28: Opdrachtgevende poll huidige situatie

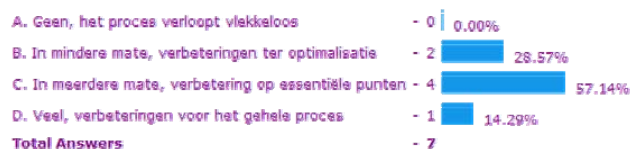
Questions marked with a **[*]** were required.

Filter On Checked Questions 1/21

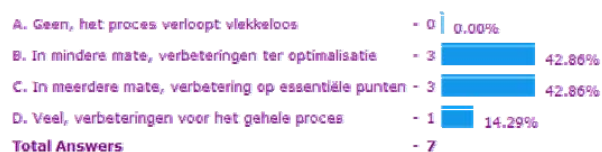
Survey Time Stats

Average Completion Time: 29min 27sec (Min: 0min 34sec, Max: 67min 33sec)
Average Time before Quit: 0min 0sec

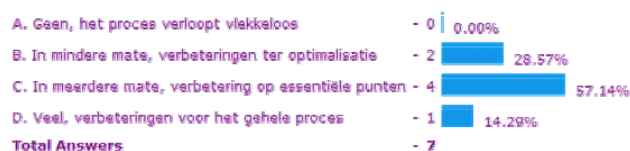
1. In hoeverre behoeft het specificatieproces in de huidige situatie wat betreft het specificeren van eisen verbetering? (topic 1)



2. In hoeverre behoeft het specificatieproces in de huidige situatie wat betreft het categoriseren van eisen verbetering? (topic 2)



3. In hoeverre behoeft het specificatieproces in de huidige situatie wat betreft de keuze van functievullers en functionele architectuur verbetering? (topic 3)



figuur 43 – Resultaat poll 1 opdrachtgevende partij

Results for Survey #29: Opdrachtnemende poll huidige situatie

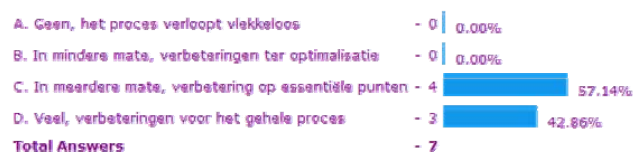
Questions marked with a **[*]** were required.

Filter On Checked Questions 1/21

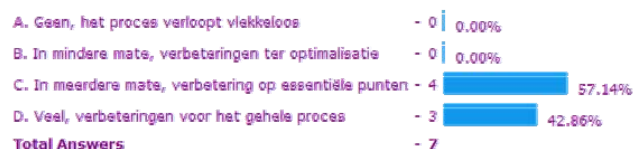
Survey Time Stats

Average Completion Time: 19min 46sec (Min: 1min 1sec, Max: 66min 15sec)
Average Time before Quit: 0min 0sec

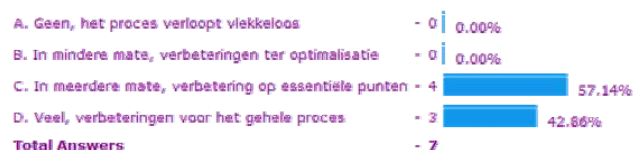
1. In hoeverre behoeft het specificatieproces in de huidige situatie wat betreft het specificeren van eisen verbetering? (topic 1)



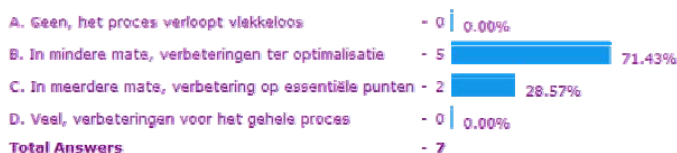
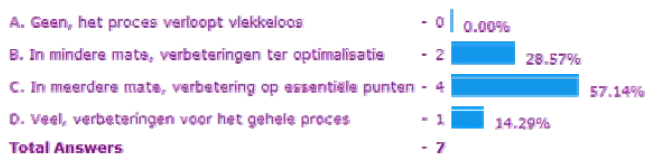
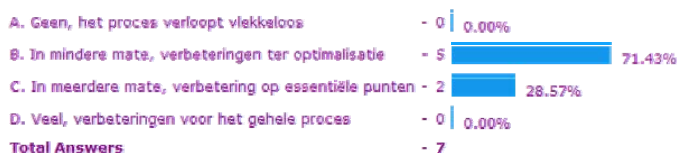
2. In hoeverre behoeft het specificatieproces in de huidige situatie wat betreft het categoriseren van eisen verbetering? (topic 2)



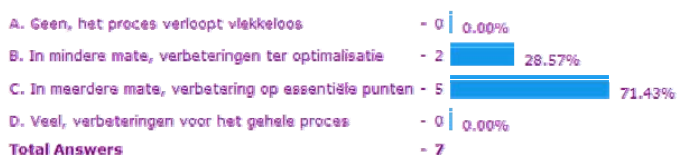
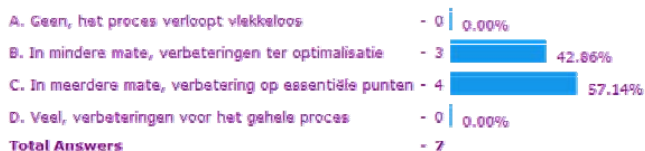
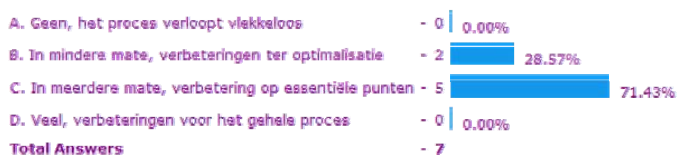
3. In hoeverre behoeft het specificatieproces in de huidige situatie wat betreft de keuze van functievullers en functionele architectuur verbetering? (topic 3)



figuur 44 – Resultaat poll 1 opdrachtnemende partij

Results for Survey #31: Opdrachtgevende poll verbeterd procesQuestions marked with a **[*]** were required.Filter On Checked Questions 12**Survey Time Stats**Average Completion Time: 1min 6sec (Min: 0min 39sec, Max: 1min 23sec)
Average Time before Quit: 0min 0sec **1. In hoeverre behoeft het verbeterde specificatieproces wat betreft het specificeren van eisen verbetering? (topic 1)** **2. In hoeverre behoeft het verbeterde specificatieproces wat betreft het categoriseren van eisen verbetering? (topic 2)** **3. In hoeverre behoeft het verbeterde specificatieproces wat betreft de keuze van functievullers en functionele architectuur verbetering? (topic 3)**

figuur 45 – Resultaat poll 2 opdrachtgevende partij

Results for Survey #32: Opdrachtnemende poll verbeterd procesQuestions marked with a **[*]** were required.Filter On Checked Questions 17**Survey Time Stats**Average Completion Time: 1min 2sec (Min: 0min 28sec, Max: 1min 45sec)
Average Time before Quit: 0min 0sec **1. In hoeverre behoeft het verbeterde specificatieproces wat betreft het specificeren van eisen verbetering? (topic 1)** **2. In hoeverre behoeft het verbeterde specificatieproces wat betreft het categoriseren van eisen verbetering? (topic 2)** **3. In hoeverre behoeft het verbeterde specificatieproces wat betreft de keuze van functievullers en functionele architectuur verbetering? (topic 3)**

figuur 46 – Resultaat poll 2 opdrachtnemende partij