

ROTTERDAM SCHOOL OF MANAGEMENT, ERASMUS UNIVERSITY

Coördinatie van innovatie als Systems Integrator

Afstudeerscriptie voorgelegd aan de
Erasmus Universiteit Rotterdam
als gedeeltelijke uitvoering van de eisen

voor de graad van

MASTER OF SCIENCE
in
BUSINESS ADMINISTRATION

door

MARC OOSTERWIJK
(350443)

onder begeleiding van

Prof.dr.ir. J.C.M. van den Ende
Dr. F.P.H. Jaspers
Rotterdam, september 2012

Opleiding: Rotterdam School of Management, Erasmus University
Deeltijdopleiding (PTO) MScBA/drs. Bedrijfskunde

Afstudeerdatum: 25 september 2012

Documenttitel: Coördinatie van innovatie als Systems Integrator

Auteur: Marc Oosterwijk
Leharstraat 200
2901PD Capelle aan den IJssel

Studentnummer: 350443

Bedrijf: Bakker Sliedrecht Electro Industrie B.V. (BSEI)

Verdiepingsvak: New Business: Innovation & Entrepreneurship (NIE)

Docenten NIE: Dr. J.P.J. de Jong
Dr. S.A. Rijdsijk

Afstudeercommissie: Prof.dr.ir. J.C.M. van den Ende
Meelezer: Dr. F.P.H. Jaspers

Het auteursrecht van deze afstudeerscriptie berust volledig bij de auteur. Het gepresenteerde werk is origineel. Er is geen gebruik gemaakt van andere bronnen dan die waarnaar verwezen wordt in de tekst dan wel bij de referenties. De inhoud van dit stuk is geheel voor de verantwoordelijkheid van de auteur. De Rotterdam School of Management is slechts verantwoordelijk voor de onderwijskundige begeleiding en aanvaardt in geen enkel opzicht verantwoordelijkheid voor de inhoud.

Voorwoord

In mijn baan als projectleider bij een maritieme Systems Integrator merk ik dagelijks het belang van innovatie en de noodzakelijke samenwerking daarin met leveranciers. Het door mij tijdens de deeltijdopleiding bedrijfskunde gekozen verdiepingsvak New Business: Innovation & Entrepreneurship (NIE) blijkt een bijzonder geschikt vakgebied om de hierin opgenomen theorie vanuit een wetenschappelijk oogpunt te spiegelen aan vraagstukken in de praktijk. Graag wil ik daarom een kort dankwoord richten tot de personen die me tijdens de studie en met name het afstudeertraject hebben ondersteund en gemotiveerd.

In de eerste plaats wil ik mijn afstudeerbegeleider Jan van den Ende bedanken voor de vele gesprekken en de hieruit volgende ondersteuning en inzichten in het door mij uitgevoerde onderzoek. Ferdinand Jaspers heeft hier als meelezer een waardevolle toevoeging geleverd vanwege zijn expertise in dit specifieke vakgebied. De docenten van het vak NIE, Jeroen de Jong en Serge Rijdsijk wil ik bedanken voor de colleges welke de basis vormden voor dit onderzoek. Medestudenten Jantien en Aldwin wil ik bedanken voor de ondersteuning tijdens de studie en met name voor de uitnodiging om hun afstudeerverdediging bij te wonen. Alle collega's en leveranciers wil ik bedanken voor hun medewerking in de vele interviews. Zonder anderen tekort te doen wil ik Martijn bedankt, welke me als ex PTO-er en huidig leidinggevende vele waardevolle tips heeft gegeven en Anthon die er tijdens de studie voor heeft gezorgd dat ik de niet geringe studiebelasting prima heb kunnen combineren met mijn werk. Last but definitely not least ben ik familie, vrienden en collega's zeer veel dank en mogelijk zelfs een excuus verschuldigd voor mijn afwezigheid tijdens deze twee jaar durende studie. De motivatie, het begrip en de hulp die ik van hen heb gekregen tijdens de studie en het afstuderen heeft me bijzonder geholpen en is wat mij betreft een noodzakelijke voorwaarde voor het welslagen van een dergelijke uitdaging. Dat ze het begrip en deze motivatie tot het einde toe hebben volgehouden had ik niet voor mogelijk gehouden, maar blijkt wel uit hun aanwezigheid tijdens mijn verdediging.

Gratias vobis amicis meis. Bedankt allemaal.

Marc Oosterwijk, September 2012

Inhoud

Samenvatting.....	- 6 -
1 Inleiding.....	- 7 -
1.1 Aanleiding.....	- 7 -
1.2 Probleem- en vraagstelling.....	- 8 -
1.3 Onderzoeksdoelstelling	- 10 -
1.4 Opbouw scriptie	- 10 -
2 Theoretisch kader	- 13 -
2.1 Complexe productsystemen.....	- 13 -
2.2 Systems Integration	- 14 -
2.3 Organisatorische koppeling.....	- 15 -
2.4 Componentinnovaties	- 17 -
2.5 Integratiesucces van componentinnovaties.....	- 20 -
2.6 Propositie.....	- 21 -
3 Methodologie.....	- 25 -
3.1 Multiple casestudie	- 25 -
3.2 Hypothese en cases	- 26 -
3.3 Meting.....	- 27 -
3.4 Betrouwbaarheid en validiteit.....	- 29 -
4 Resultaten	- 31 -
4.1 CASE 1: Incrementele innovatie, modulair component	- 32 -
4.2 CASE 2: Incrementele innovatie, architecturaal component	- 33 -
4.3 CASE 3: Radicale innovatie (binnen het domein), modulair component.....	- 35 -
4.4 CASE 4: Radicale innovatie (binnen het domein), architecturaal component	- 36 -
4.5 CASE 5: Radicale innovatie (buiten het domein), modulair component.....	- 38 -

4.6	CASE 6: Radicale innovatie (buiten het domein), architecturaal component.....	- 39 -
5	Conclusie en discussie.....	- 43 -
5.1	Analyse theorie en resultaten	- 45 -
5.2	Conclusie.....	- 46 -
5.3	Implicaties en beperkingen	- 49 -
5.4	Vervolgonderzoek.....	- 50 -
6	Referenties.....	- 53 -

Samenvatting

In deze scriptie wordt de invloed onderzocht welke de aard van een componentinnovatie heeft op de gewenste organisatorische koppeling tussen een Systems Integrator en een leverancier teneinde de integratie daarvan in een complex systeem tot een succes te maken. Er blijkt hier in de praktijk veel onduidelijkheid over te bestaan wat leidt tot technische onbalans in het systeem en/ of te hoge kosten. Daarnaast is een dergelijk onderzoek niet eerder uitgevoerd in het domein van deze scriptie: de maritieme sector. Volgens de wetenschappelijke literatuur wordt de aard van een componentinnovatie gevormd door de modulariteit van het component en de radicaliteit van de innovatie. Aan de hand van deze twee dimensies is te bepalen wat de gewenste organisatorische koppeling is. Deze koppeling varieert van zeer zwak (*decoupled*) tot zeer sterk (*tightly coupled*), waartussen zich een gebied bevindt welke in de literatuur getypeerd wordt als *loosely coupled*.

Door middel van casestudies is deze invloed gemeten bij zes stuks integraties van componentinnovaties. Door zowel de Systems Integrator als de leverancier te interviewen is data verzameld, welke naast het toetsen van de theorie heeft geleid tot enkele belangrijk inzichten. De theorie blijkt verworpen, echter door een derde dimensie toe te voegen aan de aard van een componentinnovatie blijkt deze in de context van dit onderzoek volledig te zijn. De fase in de productlevenscyclus van het component blijkt samen met de modulariteit en radicaliteit van invloed op de gewenste organisatorische koppeling met de leverancier.

Naast deze conclusie, welke direct terug te koppelen is op de wetenschappelijke theorie, volgt er praktische relevantie uit dit onderzoek. Managers van Systems Integrators en componentleveranciers moeten in de eerste plaats rekening houden met de genoemde derde dimensie. Daarnaast volgt uit dit onderzoek dat er een verband lijkt te bestaan tussen samenwerking en relaties met vaste leveranciers en een verminderd zicht op potentiële innovaties door Systems Integrators.

Kernwoorden: *Innovation, Systems Integration, Modularity, Radicalness, Complex Products and Systems, Architectural Knowledge, Case Studies, Product Life Cycle.*

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Met veel tromgeroffel wordt volgens planning in 2006 de infrastructuur van de hogesnelheidslijn HSL-Zuid opgeleverd. Een knap staaltje techniek, binnen drie uur van Amsterdam naar Parijs, vliegen over de rails. Toch rijdt pas in 2010 de eerste trein met een snelheid van 300km/h probleemloos van Nederland naar België en terug. Tussen 2006 en 2010 is de volledige ingebruikname meerdere malen uitgesteld door problemen met de integratie van het nieuwe beveiligingssysteem ETCS (European Train Control System). Dit systeem zorgt voor grensoverschrijdende veiligheid op de Europese rails. Uiteindelijk ligt er een volledig werkend spoor zonder dat er treinen over rijden omdat het bestaande Nederlandse materieel niet overweg kan met het nieuwe ETCS. Minister Eurlings laat in die periode zelfs een terugvaloptie onderzoeken: ander materieel of een bewezen beveiligingssysteem. Eind 2009 rijdt eindelijk de Thalys met een snelheid van 300km/u op de lijn, maar niet zonder problemen. Als twee treinen elkaar kruisen ter hoogte van de grensovergang met België, valt de trein richting Nederland stil door problemen met ETCS. Het systeem in België is namelijk geleverd door een ander bedrijf dan aan de Nederlandse kant en de overgang is niet goed op elkaar afgestemd. Nu de lijn eindelijk volledig in gebruik genomen is, luidt de conclusies achteraf: Het ECTS is een deel van een groter systeem, bestaand uit baan, materieel, personeel en proces en hiervoor was een betere coördinatie van de systeemintegratie noodzakelijk geweest. Een conclusie die in totaal ongeveer 4 jaar en miljoenen euro's heeft gekost.

Door technologische vooruitgang worden systemen steeds complexer. Waar in de jaren 80 een bedrijf als IBM nog een volledig kantoorautomatiseringssysteem zelfstandig kon leveren, inclusief fabricage van alle producten en levering van alle diensten, is dit in de huidige tijd onmogelijk geworden. (Davies et al., 2007) Bedrijven moeten zich in toenemende mate beperken tot hun kerncompetenties, waardoor een complex systeem steeds vaker bestaat uit producten en diensten van tientallen tot honderden verschillende leveranciers. (Schilling, 2000) Systems Integrators zijn hierin de intermediair tussen enerzijds al die producten en diensten en anderzijds de vraag naar een volledig coherent werkend systeem. (Jaspers & Van Den Ende, 2010) Ook in de maritieme sector zijn steeds meer complexe systemen te vinden

waarop technologische innovaties een grote invloed hebben. In het bijzonder schepen in de baggersector, waar de Nederlandse scheepswerven en hun onderaannemers vooroplopen in de ontwikkeling en vooruitgang van deze scheepsinstallaties. Amerikaans onderzoek naar veelbelovende technologische innovaties in de baggersector wijst uit dat in meer dan de helft van de onderzochte innovaties vooral Nederlandse bedrijven een grote rol hebben gespeeld. (McLellan & Hopman, 2000) Ook hierin nemen maritieme Systems Integrators een cruciale taak op zich door het leveren van een volledig werkend systeem.

In de literatuur wordt door verschillende auteurs de nadruk gelegd op het belang van coördinatie door Systems Integrators ten gevolge van technologische veranderingen. Jaspers en Van Den Ende (2010) vatten de taak van de Systems Integrator als volgt samen:

These firms design and develop coherent product architectures and they also take on the responsibility to align components in the face of technological change, i.e., ‘systems integration’ (Brusoni and Prencipe, 2001; Brusoni et al., 2001). Because complex products generally consist of highly interdependent and customised components (Hobday, 1998), there is a strong need in this setting for coordination and control. (p.277)

De taak van een Systems Integrator is het coördineren en controleren van de onderlinge afstemming van componenten. (Prencipe et al., 2003) Doordat de componenten continu veranderen vanwege technologische innovaties (neem bijvoorbeeld het beveiligingssysteem van HSL-Zuid), is dit een voortdurend coördinerende rol welke per componentverandering afhankelijk is van het soort innovatie en de rol van het component in het systeem.

1.2 Probleem- en vraagstelling

Zoals de in de aanleiding als voorbeeld gestelde problemen tijdens de ingebruikname van HSL-Zuid, kan het achteraf integreren van een geïnnoveerd component binnen een complex productsysteem een kostbare aangelegenheid worden. Door je als Systems Integrator vooraf te verdiepen in de innovatie, bij voorkeur in samenwerking met de leverancier van het component, kunnen technische onbalans in het systeem en onnodige kosten voorkomen worden. Het kenmerkende is dan ook dat de Systems Integrator “*knows more than he makes*”. (Brusoni et al., 2001) Deze noodzakelijke architecturale kennis van componenten die hij zelf niet produceert wordt verkregen door organisatorische koppeling tussen de Systems Integrator en de leverancier van het geïnnoveerde component. Deze koppeling

varieert van *decoupled*, waarbij de Systems Integrator simpelweg via marktmechanismen de keuze maakt om een component te kopen, tot *tightly coupled* waarbij de coördinatie zo sterk moet zijn dat de Systems Integrator het component in het uiterste geval zelf maakt. In de praktijk blijkt vaak onduidelijkheid te bestaan over de mate van organisatorische koppeling. Een te zwakke koppeling geeft kans op technische problemen, een te sterke koppeling leidt tot onnodige kosten. In de wetenschappelijke literatuur wordt door verschillende auteurs aangegeven dat de noodzakelijke koppeling afhankelijk is van de innovatie en/ of het component. (Brusoni et al., 2001; Takeishi, 2002; Hoetker, 2006; Tiwana, 2008; Jaspers & Van Den Ende, 2010) De Systems Integrator kan technische problemen en onnodige kosten voorkomen door vooraf de aard van de componentinnovatie te bepalen. Wat verandert er aan het component ten opzichte van het huidige exemplaar? Welke positie neemt het component in en welke invloed heeft het op de overige componenten? Op basis hiervan kan de juiste organisatorische koppeling bepaald worden voor een succesvolle integratie in het systeem. Er is voor deze theorie echter geen empirisch bewijs en de praktische relevantie is nog niet toegepast op het in deze scriptie besproken domein, de maritieme sector. Voorgaande introductie leidt tot de volgende vraagstelling:

Welke invloed heeft de aard van een componentinnovatie op de gewenste organisatorische koppeling met de leverancier voor een succesvolle integratie in een complex productsysteem?

Om deze vraag te operationaliseren worden de volgende onderzoeksvragen gesteld:

1. Welke verschillen in aard van componentinnovaties worden onderscheiden?
2. Welke mate van organisatorische koppeling past hierbij volgens de literatuur?
3. Wanneer is de integratie van een componentinnovatie succesvol?
4. Welke invloed heeft de aard van een componentinnovatie op de gewenste organisatorische koppeling?
5. Wat valt hieruit te concluderen m.b.t. de geldigheid van de te toetsen theorie?
6. Wat is hiervan de praktische relevantie voor managers in de maritieme sector?

1.3 Onderzoeksdoelstelling

Het doel van dit onderzoek is tweeledig: wetenschappelijke kennis en praktische relevantie. De wetenschappelijke waarde is het empirisch toetsen van de theorie op geldigheid in het gekozen domein. Onderzoek naar componentinnovaties en de daarvoor benodigde kennis is uitgevoerd in de meest uiteenlopende sectoren. Zo betreft Takeishi (2002) bijvoorbeeld de automobielandustrie en refereren Brusoni et al. (2001) aan eerder onderzoek in sectoren als luchtvaart (Prencipe, 1997), elektronica (Gambardella & Torrasi, 1998), voedselindustrie (Von Tunzelmann, 1998) en chemische industrie (Brusoni & Prencipe, 2001). Opvallend is dat de maritieme sector hier achterblijft. Er is nog geen onderzoek verricht naar scheepsinstallaties, al wordt hier wel degelijk door Hobday (1998) naar verwezen bij voorbeelden van complexe productsystemen.

De praktische relevantie voor managers in de maritieme sector is het inzicht dat verkregen wordt in het coördineren van componentinnovaties samen met leveranciers. Het in de aanleiding gegeven voorbeeld van de HSL-Zuid is ook in de maritieme sector zeer herkenbaar. Een scheepsinstallatie is een complex systeem en bestaat uit duizenden componenten van honderden leveranciers. Managers zijn continu op zoek naar een evenwicht tussen innovatie en kosten. De juiste mate van samenwerking met leveranciers kan een belangrijke hefboom zijn voor beide, dus zowel innovatiemogelijkheden als kostenbeperking.

1.4 Opbouw scriptie

In deze scriptie wordt onderzoek gedaan naar de coördinatie van componentinnovaties door Systems Integrators in de maritieme sector met als basis de relatie tussen het soort componentinnovatie en de samenwerking met de betreffende leverancier. Deze scriptie is globaal te verdelen in drie secties:

Introductie: Theorie en methodologie

Na voorgaande inleiding worden de eerste drie onderzoeksvragen beantwoord in de beschrijving van het theoretisch kader van hoofdstuk 2. Aan de hand van de onderzochte literatuur wordt verklaard welke verschillen onderkend worden in de aard van een componentinnovatie en welke mate van organisatorische koppeling hierbij past. Tevens wordt gedefinieerd wat er verstaan wordt onder een succesvolle integratie. Op basis van dit

theoretisch kader wordt in hoofdstuk 3 de ontwikkelde methode beschreven waarmee de vierde onderzoeksvraag wordt beantwoord.

Resultaten: Praktijkbevindingen uit casestudies

Volgens de ontwikkelde methodologie worden in hoofdstuk 4 de resultaten uit de casestudies samengevat. Naast een overzicht van de verschillende cases, wordt tevens per case op basis van de interviews de onderzoeksvraag beantwoord en eventueel opvallende zaken hieraan toegevoegd.

Analyse: Conclusie, discussie en vervolgonderzoek

Hoofdstuk 5 sluit deze scriptie af met een analyse van de verzamelde data. In de eerste instantie wordt de geldigheid van de te toetsen theorie besproken, waarop een aanvulling volgt in de vorm van de praktische relevantie voor managers. Implicaties en beperkingen worden onderkend en tot slot worden mogelijkheden voor vervolgonderzoek voorgesteld.

2 Theoretisch kader

In dit hoofdstuk worden op basis van beschikbare wetenschappelijke literatuur de eerste drie onderzoeksvragen beantwoord, welke daarmee een theoretisch kader vormen als basis voor de methodologie van dit onderzoek. Wat wordt verstaan onder complexe productsystemen en de term Systems Integration? Welke verschillen worden onderkend in de aard van een componentinnovatie en welke mate van organisatorische koppeling past hierbij om tot een succesvolle integratie te komen? De hieruit volgende theorieën worden tot slot samengevat in een propositie en een conceptueel model.

2.1 Complexe productsystemen

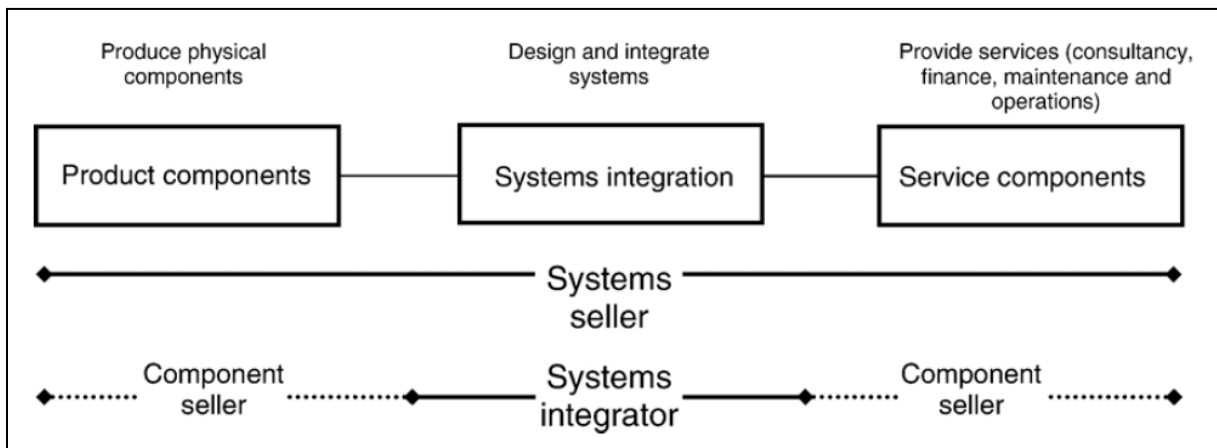
Volgens Hobday (1998) vraagt de ontwikkeling van complexe productsystemen op maat gemaakte, engineeringintensieve projecten waarbij verschillende producenten moeten samenwerken. Voorbeelden hierbij variëren van verkeerslichten tot bommenwerpers, maar ook maritieme systemen, zoals marineschepen, olietankers en oceaانبoring installaties. Opvallende overeenkomsten met de maritieme sector en scheepsinstallaties geeft Barlow (2000) in zijn onderzoek naar complexe productsystemen in de offshore sector. De hierin genoemde boorplatformen bezitten een eigenschap welke vergelijkbaar is met schepen, namelijk de onafhankelijkheid van voorzieningen op het vaste land, zoals energie, water en veiligheid. Dit stelt bepaalde eisen aan zowel het systeem als de integrator ervan.

Binnen de maritieme sector zijn baggerschepen een interessant onderzoeksobject gezien de complexiteit t.o.v. conventionele schepen. Hobday (1998) geeft dimensies waaraan de complexiteit van een systeem af te meten is, waaronder de totale kosten, benodigde kennis en het aantal subsystemen. In al deze dimensies 'scoort' een baggerschip (sleephopperzuiger) bovengemiddeld hoog. Dat schaart een dergelijke installatie onder de bekende noemer van Complex Product and Systems (CoPS) waarover veel wetenschappelijk literatuur beschikbaar is. McLellan en Hopman (2000) beschrijven een aantal innovaties op het gebied van baggerautomatisering, waaruit blijkt dat een significant deel van deze innovaties door samenwerking tussen Nederlandse bedrijven tot stand kwamen. De baggerautomatisering is dan ook één van de sectoren waarin Nederland voorop loopt en waarbij landen als China en Amerika veel Nederlandse innovaties kopiëren.

2.2 Systems Integration

Zoals in de inleiding reeds naar voren gebracht, is de leverancier van het systeem in steeds mindere mate ook producent van de componenten waaruit het systeem is opgebouwd. Veel van de producten worden geleverd door derden en door de systeemleverancier slechts samengevoegd tot een coherent werkend geheel. Systems Integration is echter veel meer dan het monteren van verschillende componenten tot één systeem. Het omvat ook de verantwoording voor het overkoepelende systeemontwerp, de selectie en coördinatie van de verschillende leveranciers en in het bijzonder de ontwikkeling van de benodigde kennis hiervoor. (Brusoni et al., 2001) Systems Integration is een coördinerende rol tussen klant en leveranciers, waarbij door brede kennis van beide domeinen een unieke oplossing wordt geboden. Deze kennis bestaat vooral uit procesgerelateerde klantwensen enerzijds en architecturale aspecten van de producten en diensten van leveranciers anderzijds.

Davies et al. (2007) geven een definitie van een Systems Integrator door het te vergelijken met een *Systems Seller*, ofwel de leverancier van het volledige systeem.



Figuur 1. *Systems Seller vs. Systems Integrator (Davies et al., 2007)*

In dit model is het verschil tussen Systems Integrator en systeemleverancier duidelijk zichtbaar. De componentleveranciers produceren de fysieke producten en leveren de benodigde diensten. De Systems Integrator neemt het systeemontwerp en de integratie van de verschillende componenten op zich. De Systems Integrator acteert voor de opdrachtgever nog steeds als leverancier van het systeem en blijft verantwoordelijk voor het coherente geheel. System Integration houdt zoals gezegd als coördinatiemechanisme het midden

tussen markt en hiërarchie. (Brusoni et al., 2001) Waar markmechanismen voldoen aan de behoefte van onderscheidend vermogen en hiërarchieën de noodzaak voor een snelle respons, combineert de System Integrator deze twee tot een ideale organisatie voor het leveren van complexe productsystemen. Uiteraard is de organisatorische koppeling tussen Systems Integrator en zijn leveranciers een belangrijk punt van aandacht.

2.3 Organisatorische koppeling

De term *organizational coupling* (Brusoni et al., 2001) omvat meer dan alleen samenwerking met de componentleverancier. Orton en Weick (1990) gebruiken hiervoor twee dimensies waarmee ze de koppeling tussen organisaties die één systeem vormen categoriseren: distinctiviteit (*distinctiveness*, onderscheidend vermogen) en responsiviteit (*responsiveness*, reactievermogen). Wanneer organisatorische koppeling in een systeem zich kenmerkt door distinctiviteit zonder responsiviteit noemen Orton en Weick (1990) dit een ontkoppeld systeem (*decoupled*). De coördinatie tussen de organisaties is hierbij puur op basis van marktmechanismen. Responsiviteit zonder distinctiviteit leidt tot een sterk gekoppeld systeem (*tightly coupled*), wat door het gebrek aan onderscheidend vermogen een hiërarchische vorm heeft. Coördinatie geschiedt dan ook op basis van verticale integratie. Wanneer het systeem zowel distinctiviteit als responsiviteit toont zijn de organisaties losjes gekoppeld (*loosely coupled*), waarbij Brusoni et al. (2001) Systems Integration als correct coördinatiemechanisme zien. Op basis van deze theorie varieert organisatorische koppeling in de praktijk van contractuele afspraken op armlengte, bijvoorbeeld het bestellen uit een door de leverancier beschikbaar gestelde catalogus, tot verticale integratie, ofwel het betreffende component in een samenwerkingsverband integreren. Brusoni et al. (2001) definiëren dit als volgt:

Organizational coupling (Brusoni et al., 2001)

The relationship between systems integrators and their suppliers is governed by contractual arrangements, ranging from the typical arm's-length contractual relationships and costs-sharing agreements to joint ventures and formal alliances. (p.614)

Ook Davies et al. (2007) geven bij het model in figuur 1 als kanttekening dat een Systems Integrator pur sang niet bestaat. Altijd worden enkele producten en vooral diensten door het bedrijf geleverd dat de taak van Systems Integrator op zich neemt. Deze verticale

integratie betekent dat een bedrijf een andere stap in de productieketen op zich neemt. Er bestaan hierin twee vormen: voorwaartse en achterwaartse integratie. In het geval van de Systems Integrator zijn beide vormen mogelijk. Wanneer bijvoorbeeld een Systems Integrator besluit om onderhoud en service op geleverde systemen aan te bieden is deze voorwaarts, een component voor het systeem zelf fabriceren is achterwaartse verticale integratie. Voor veel bedrijven is verticale integratie interessant wanneer in een volgende stap van de productieketen winst te maken is, of om de kosten te drukken van een product uit een voorgaande stap. Voor Systems Integrators zijn hier echter ook andere redenen voor. In veel gevallen is een product dat precies in het systeem past niet leverbaar op de markt, waardoor de Systems Integrator besluit het zelf te fabriceren. Een andere mogelijkheid is dat de Systems Integrator genoodzaakt is om zelf service en onderhoud op zich te nemen, omdat in de markt de noodzakelijke kennis hiervoor ontbreekt.

De op verticale integratie volgend zwakkere vorm van organisatorische koppeling is een samenwerkingsverband met de leverancier. Gulati en Singh (1998) onderzochten strategische samenwerkingsverbanden en definiëren drie niveaus van hiërarchie. Het hoogste nivo is een joint-venture, gevolgd door een minderheidsbelang en het laagste nivo van samenwerking is op contractuele basis. Opvallend is dat Gulati en Singh (1998) aantonen dat bij toename van onderlinge afhankelijkheid van de taken het hiërarchisch niveau toeneemt. Dus wanneer de taken van de leverancier minder afhankelijk zijn van die van de Systems Integrator en vice versa, neemt ook de noodzakelijke organisatorische koppeling af. Dit komt overeen met de het empirisch bewijs dat Sobrero en Roberts (2001) leveren, namelijk dat een lage onderlinge afhankelijkheid van taken tussen een opdrachtgever en leverancier goed is voor de efficiëntie. Een hoge onderlinge afhankelijkheid van de taken van de leverancier t.o.v. de taken van de opdrachtgever is goed voor het leereffect tussen de twee organisaties. Deze afhankelijkheid van taken is in de context van deze scriptie onder andere gerelateerd aan de modulariteit van het betreffende component, waarover in de volgende paragraaf meer.

De zwakste vorm van organisatorische koppeling is een relatie op armlengte, wat praktisch betekend dat een catalogus met technische specificaties van de leverancier voldoende is voor de Systems Integrator om het component te integreren. Het gaat hierbij om het verkrijgen van architecturale kennis van het component. Takeishi (2002) toont met een

casestudie in de auto-industrie aan dat bij een regulier integratieproject de Systems Integrator alleen architecturale kennis van het component hoeft te bezitten, terwijl de leverancier alleen componentspecifieke kennis bezit. Bij een innovatief (onzeker) integratieproject moeten Systems Integrator en leverancier zowel architecturale als componentspecifieke kennis bezitten. Dit laatste komt overeen met de conclusie van Tiwana en Keil (2007) dat architecturale proceskennis van de leverancier uitkomstcontrole (*outcome control*) verbetert. Zolang de Systems Integrator de interface van het modulaire component duidelijk communiceert met de leverancier, is inhoudelijke kennis van het component voor de Systems Integrator niet noodzakelijk.

2.4 Componentinnovaties

Het toenemende belang van innovatie wordt veroorzaakt door globalisatie van de markt. (Schilling, 2008) Door buitenlandse concurrentie zijn bedrijven genoodzaakt om continu te innoveren om zo onderscheidend te blijven in hun producten en services. Door productinnovaties worden de marges beschermd, terwijl met procesinnovaties de kosten worden verlaagd. Vooral nieuwe producten zijn een belangrijke factor voor organisaties. Bedrijven halen meer dan een derde van hun winst uit producten die ze in de laatste vijf jaar hebben ontwikkeld. (Barczak et al., 2009) Voor het bestaansrecht van iedere organisatie lijkt ontwikkeling en vooruitgang door innovatie een noodzakelijke voorwaarde waar de nodige aandacht aan besteed dient te worden, maar wat wordt er eigenlijk onder de veelgebruikte term 'innovatie' verstaan? King en Anderson (2002) geven een veelgeciteerde opsomming van kenmerken:

Een innovatie is..

- een tastbaar product, proces of procedure;
- nieuw voor de sociale omgeving waarin het wordt geïntroduceerd;
- eerder intentioneel dan toevallig;
- niet routinematig;
- gericht op het behalen van voordeel;
- publiek in de uitwerking.

Kortom, innovatie is een bewust ontwikkelde vernieuwing met als doel een gezamenlijk voordeel en voor organisaties is het van belang dat dit regelmatig gebeurt. Het feit dat veel

bedrijven hun producten (moeten) innoveren betekend voor de Systems Integrator dat veel van de gebruikte componenten minstens eens in de vijf jaar veranderen. Binnen het complex productsysteem zijn deze componenten onderling gekoppeld en daardoor wederzijds afhankelijk. De Systems Integrator moet op deze veranderingen reageren zodat het systeem als coherent geheel blijft werken, maar ook moet de Systems Integrator zelf innoveren door nieuwe componenten en/ of andere combinaties te introduceren.

Brusoni et al. (2001) onderscheiden twee dimensies in een componentinnovatie: voorspelbaarheid van onderlinge productafhankelijkheid en gelijkmatigheid van technologische verandering. Ofwel, de aard van een componentinnovatie hangt af van de positie die het component inneemt ten opzichte van andere componenten in het systeem (modulariteit van het component) en van de verandering van het component (radicaalheid van de innovatie).

Modulariteit van het component

In hoeverre een component modulair is ten opzichte van de omliggende systeemdelen wordt bepaald door de mate van inzicht in de onderlinge afhankelijkheden van de componenten. Wanneer één component verandert, in hoeverre is dan voorspelbaar welke andere componenten hierdoor ook moeten veranderen? Volgens Brusoni en Prencipe (2001) wordt deze voorspelbaarheid beïnvloed door de 'volwassenheid' van de technologie, zodat de onderlinge afhankelijkheden inzichtelijker en beter te voorspellen zijn. Hoetker (2006) geeft aan dat wanneer het component modulair is, de koppeling met de leverancier minimaal kan zijn. Wanneer een innovatie architecturaal is, wordt de samenwerking belangrijker en zal de opdrachtgever meer waarde gaan hechten aan voorgaande transacties en het technische vermogen van de leverancier. Andere onderzoeken bevestigen dit verband tussen de positie van een component in het systeem en de noodzakelijke organisatorische koppeling en integratie van de leverancier. Tiwana (2008) toont bijvoorbeeld aan dat hoe meer modulair het component is des te minder kennisoverdracht nodig is tussen beide partijen.

De (on)voorspelbaarheid in onderlinge componentafhankelijkheden van Brusoni en Prencipe (2001) is vergelijkbaar met wat Hoetker (2005) de onzekerheid noemt, ofwel het verschil tussen de hoeveelheid informatie die nodig is om deze onderlinge afhankelijkheid te

voorspellen en de hoeveelheid informatie die op dat moment beschikbaar is. Om deze informatie te verzamelen zal er met de leverancier gecommuniceerd moeten worden, dus hoe groter de onzekerheid des te sterker de organisatorische koppeling. Henderson en Clark (1990) noemen dit onderscheid in innovatie modulair versus architecturaal, wat de invloed aangeeft van de innovatie op de onderlinge verbanden tussen componenten. Hoe groter deze invloed, hoe sterker de gewenste samenwerking met de leverancier van het component, wat resulteert in de volgende theorie:

Modulariteit van het component heeft een negatieve invloed op de gewenste organisatorische koppeling tussen Systems Integrator en componentleverancier.

Radicaalheid van de innovatie

Het onderscheid tussen modulaire versus architecturale innovaties is een uitbreiding op het in de wetenschappelijke literatuur eerder onderkende verschil tussen incrementele en radicale innovaties. (Henderson en Clark, 1990) Dit laatste is te vergelijken met een kleine verbetering gebaseerd op bestaande kennis of een volledig nieuw concept welke deze bestaande kennis overbodig maakt. Vaak worden dit soort radicaal nieuwe concepten overigens veroorzaakt door technologische potentie. Brusoni en Prencipe (2001) noemen dit de gelijkmatigheid van de verandering van componenttechnologieën. Een systeem bestaat uit componenten gebaseerd op verschillende technologieën. Brusoni en Prencipe (2001) noemen bijvoorbeeld in hun onderzoek naar vliegtuigmotoren de volgende technologieën: thermodynamica, aerodynamica, hitteafvoer, fabricage, instrumentatie, besturing, enz. Deze technologieën veranderen onafhankelijk van elkaar, waardoor een potentieel technisch onbalans (Rosenberg, 1976) in het systeem ontstaat doordat één van de componenten technologisch zo veranderd (potentie heeft om te verbeteren) dat andere hiermee gekoppelde componenten ook aangepast moeten worden. Hoe radicaler de innovatie des te sterker de gewenste samenwerking met de leverancier van het component.

Naast het onderscheid in incrementele en radicale innovaties wordt in de wetenschappelijke literatuur nog een tweedeling gemaakt in radicale innovaties van een componentleverancier. Volgens Leifer et al. (2000) bestaan er drie soorten radicale innovaties vanuit het oogpunt van de leverancier: Binnen de technologie/markt domeinen van bestaande producten (*existing businesses*), in de “white spaces” tussen de huidige producten (*existing businesses*)

en buiten de strategische context van een bedrijf. In de context van dit onderzoek, de integratie van componentinnovaties, betekenen deze drie soorten van innovatie door de leverancier voor de Systems Integrator dat radicale innovaties te onderscheiden zijn in twee categorieën:

1. Radicale innovaties binnen het domein van het bestaande component
2. Radicale innovaties buiten het domein van het bestaande component

Dit onderscheid in radicale innovaties en met name de categorie buiten het domein is vergelijkbaar en wordt onderbouwd door het onderzoek van Jaspers et al. (2012) naar de invloed van de organisatievorm in een inter-industriële samenwerkingsverband op het succes van gezamenlijk ontwikkelde innovaties. Dit succes wordt ondermeer verhoogd wanneer de organisatievorm bestaat uit specialisten uit alle relevante industrieën. Wanneer meerdere organisaties uit zeer verschillende industrieën op de juiste manier samenwerken, wordt de kans op het succes van een architecturale innovatie groter.

Vaak betreft het bij een radicale innovatie buiten het domein een nieuwe leverancier die zijn intrede doet in een voor hem nieuw gebied maar dat hoeft niet. Het kan ook de bestaande leverancier van het component zijn, welke gebruik maakt van een “white space” tussen zijn huidige producten. De radicale innovatie binnen het domein is duidelijk méér dan een incrementele innovatie, aangezien het de huidige kennis overbodig maakt (*disruptive*), maar de wensen van de markt zijn bekend en daardoor is de toepassingsruimte vooraf gedefinieerd. (Leifer et al., 2000) Een combinatie van voorgaande aspecten resulteren in de volgende theorie:

Radicaalheid van de innovatie heeft een positieve invloed op de gewenste organisatorische koppeling tussen Systems Integrator en componentleverancier. Dit wordt versterkt indien de radicale innovatie zich buiten het domein van het bestaande component bevindt.

2.5 Integratiesucces van componentinnovaties

Naast de onafhankelijke variabelen is het van belang om ook de afhankelijke variabele, het ‘integratiesucces van de componentinnovatie’, te kunnen meten. Dit succes is tweeledig en moet worden gezien vanuit zowel technisch als economisch perspectief. Enerzijds zal een te

zwakke coördinatie resulteren in een technisch onbalans in het systeem. (Rosenberg, 1976) Als er geen organisatorische koppeling is met de leverancier van een component, terwijl dit wel nodig is, zal dit tijdens en na de integratie tot technische problemen leiden. Een te sterke coördinatie voorkomt deze technische onbalans, maar brengt tegelijkertijd wel onnodige kosten met zich mee. De vraag is dan of deze kosten opwegen tegen de voordelen die behaald worden met de integratie van een dergelijke innovatie. Een succesvolle integratie van een componentinnovatie is dus uiteindelijk een technisch welslagen én een marktconforme oplossing. Ook Petersen et al. (2005) herkennen het onderscheid in deze twee perspectieven van succes in hun onderzoek naar het succesvol integreren van leveranciers in de ontwikkeling van nieuwe producten. Het welslagen van een integratie is ook hierin een combinatie van technisch en economisch succes.

Naast dit onderscheid in succes moet rekening worden gehouden met de invloed van de verwachting van de betrokkenen op het door hun ervaren succes. Een lagere verwachting zou een hoger succes betekenen. Behaalde projectdoelen zoals budget of financiële prognoses kunnen daarom geen eenzijdige maatstaf zijn voor succes, maar geven wel een relatieve indicatie ten opzichte van andere integraties. Een ander onderscheid in integratiesucces wat hierin een waardevolle toevoeging kan zijn volgt uit de 'twee gezichten' van Hobday et. al. (2005), welke als één van de taken van een Systems Integrator de nieuwe productontwikkeling (NPD) noemen.

Systems Integration is the technological capability which underpins new product development and introduction (p.1127)

Voor het integratiesucces van een componentinnovatie kan derhalve als toevoeging ook de NPD gerelateerde verdeling die Tatikonda en Montoya-Weiss (2001) maken, het project- en marktsucces, gebruikt worden. Waar het projectsucces bestaat uit tijd, geld en kwaliteit, is het marktsucces te verdelen in relatieve verkoop en klanttevredenheid.

2.6 Propositie

Als basis voor de methodologie van dit theoriebestend onderzoek wordt een propositie gesteld. Deze propositie bevat de invloed van een correcte afstemming van de mate van organisatorische koppeling met de leverancier als onafhankelijke variabele, welke in de eerste plaats duidelijk gedefinieerd dient te worden. Hiervoor is een theoretisch model

opgesteld welke voornamelijk gebaseerd is op het model van Brusoni et al. (2001), toegepast op componentinnovaties in een complex systeem en uitgebreid met het besproken onderscheid in radicale innovaties. Dit leidt tot de volgende correcte afstemming van organisatorische koppeling met de componentleverancier op de modulariteit van het component en de radicaliteit van de innovatie:

		radicaalheid van de innovatie		
		incrementeel	radicaal (binnen het domein)	radicaal (buiten het domein)
modulariteit van het component	modulair	<i>decoupled</i> (marktmechanismen)		<i>loosely coupled</i> (Systems Integration)
	architecturaal	<i>loosely coupled</i> (Systems Integration)		<i>tightly coupled</i> (Hiërarchie)

ORGANISATORISCHE KOPPELING

Figuur 2. De gewenste organisatorische koppeling met de componentleverancier

Dit theoretisch model verduidelijkt de correcte afstemming van de organisatorische koppeling met de leverancier op de aard van de componentinnovatie. De verticale as geeft de modulariteit van het component in het systeem aan, welke varieert van modulair (zwakke koppeling) tot architecturaal (sterke koppeling). De horizontale as toont de radicaliteit van de innovatie, welke varieert van incrementeel (zwakke koppeling) tot radicaal buiten het domein (sterke koppeling). De combinatie van deze twee dimensies resulteert in een organisatorische koppeling welke varieert van zeer zwak (linksboven, *decoupled*) bij een incrementele innovatie van modulair component, tot zeer sterk (rechtsonder, *tightly coupled*) bij een radicale innovatie buiten het domein van een architecturaal component. Samengevat stelt de besproken literatuur en het hieruit volgend theoretisch model de volgende propositie, welke vervolgens gevisualiseerd wordt in een conceptueel model:

Propositie: Een correcte afstemming van de mate van organisatorische koppeling met de leverancier op de modulariteit van het component en de radicaliteit van de innovatie is een noodzakelijke voorwaarde voor succesvolle integratie van de componentinnovatie.



Figuur 3. Conceptueel model

De onafhankelijke variabele bestaat uit correcte afstemming van organisatorische koppeling met de componentleverancier op de twee dimensies in aard van een componentinnovatie, welke gedefinieerd is in het theoretisch model zoals weergegeven in figuur 2. Om deze propositie en het onderliggend theoretisch model te kunnen toetsen op basis van wetenschappelijk onderzoek wordt in het volgende hoofdstuk de methodologie beschreven.

3 Methodologie

In dit empirische deel van het onderzoek wordt de propositie getoetst aan de hand van een casestudie methode. Uit het object van studie, integratie van componentinnovaties door Systems Integrators, worden binnen het maritieme domein als steekproef enkele geïntegreerde componentinnovaties door de firma Bakker Sliedrecht Electro Industrie B.V. (BSEI) gebruikt. Door samenwerking met klant en leverancier loopt BSEI als Systems Integrator al jaren voorop in maritieme innovaties en is het de belangrijkste leverancier van scheepsinstallaties voor Nederlandse rederijen in de baggersector. Wereldwijd levert BSEI ook steeds meer systemen, waarbij gebruik wordt gemaakt van de innovaties die zich de afgelopen jaren in Nederland bewezen hebben. BSEI heeft ruim 450 werknemers, waarvan ongeveer de helft werkzaam is op verschillende ontwerp- en engineeringafdelingen. Per jaar worden meerdere scheepsinstallaties geleverd waarbij wordt samengewerkt met klant, leveranciers en onderaannemers. Verschillende keren heeft BSEI een project opgeleverd in een joint venture met een andere aannemer, of in een samenwerkingsverband met een leverancier. De reden van een steekproef bij één bedrijf is enerzijds de gevoeligheid met betrekking tot concurrentie en anderzijds het beperkte tijdsbestek. Om dit nadeel tot een minimum te beperken is daarom gekozen voor de baggersector, aangezien BSEI bij veel van de innovaties in deze sector een rol heeft gespeeld en hierdoor wereldwijd representatief is.

3.1 Multiple casestudie

Voor het testen van een noodzakelijke voorwaarde is de casestudie, na het experiment, de meest geprefereerde onderzoeksmethode. (Dul & Hak, 2008) Een enkele case kan een theorie verwerpen, terwijl voor het bevestigen van een theorie de noodzakelijke voorwaarde getest moet worden in alle cases waaruit het object van de studie bestaat, wat in de context van dit onderzoek onmogelijk is. Slechts één case waarbij de afhankelijke variabele aanwezig is en de onafhankelijke afwezig, is voldoende voor het verwerpen van de theorie in dit domein. Voorwaarde voor het selecteren van cases is daarom de aanwezigheid van de afhankelijke variabele (*presence of the dependent*, Dul & Hak, 2008) en de afwezigheid van de onafhankelijke variabele (*absence of the independent*, Dul & Hak, 2008). In veel gevallen zijn deze voorwaarden vooraf lastig vast te stellen, zo ook in dit onderzoek. Op voorhand is lastig te beoordelen of er juiste afstemming is van de organisatorische koppeling op de

modulariteit van het component en de radicaliteit van de innovatie. De aanwezigheid van de afhankelijke variabele, 'succes van de integratie', is daarentegen wel met enige zekerheid vast te stellen. Terwijl Dul en Hak (2008) enerzijds beweren dat een enkele case voldoende is om een noodzakelijke voorwaarde te testen, geven ze ook aan dat een multiple casestudie zeker meerwaarde heeft. Door waar mogelijk de '*most likely*' case (meest geschikt voor falsificatie, Flyvbjerg, 2006) te selecteren en replicatie door meerdere cases, verbetert de generaliseerbaarheid, betrouwbaarheid en validiteit van het onderzoek. (Dul & Hak, 2008, Flyvbjerg, 2006)

Bijkomende wetenschappelijke meerwaarde en praktische relevantie van een multiple casestudie is het inzicht wat het verzamelen van deze data (kwalitatief) oplevert en later op kan leveren in vervolgonderzoek op basis van within-case en cross-case analyses. (Eisenhardt, 1989) Ook kunnen meerdere vergelijkbare maar gedeeltelijk contrasterende cases betekenis geven aan een bepaalde situatie. (Bryman & Bell, 2007) Door bijvoorbeeld meer dan één case te kiezen binnen de dimensies van figuur 2, kunnen zaken die in deze cases onderling afwijken betekenis geven. Het doel is daarom overeenkomsten en afwijkingen te vinden tussen cases binnen dezelfde dimensie van het theoretisch model, maar ook tussen de dimensies onderling.

3.2 Hypothese en cases

Om de geldigheid van de eerder gestelde propositie te toetsen wordt deze geoperationaliseerd in de volgende hypothese:

Hypothese: Bij alle succesvolle integraties van een componentinnovatie is er correcte afstemming van de mate van organisatorische koppeling met de leverancier op de modulariteit van het component en de radicaliteit van de innovatie.

Let wel, correcte afstemming is een noodzakelijke, maar onvoldoende voorwaarde, dus kan het zijn dat er correcte afstemming is, maar geen succes. Alleen succes zonder correcte afstemming kan de theorie verwerpen. Dit is overigens een eerste selectie, of de case werkelijk aan deze voorwaarden voldoet, zal pas blijken na de casestudie. Vooral de laatste voorwaarde, correcte afstemming, lijkt vooraf lastig vast te stellen. Daarnaast zijn er voor een casestudie verschillende typen cases: longitudinaal, uniek, typerend, onthullend, maar

bij het testen van een duidelijk gestelde hypothese is de *kritische case* het meest geschikt. (Bryman & Bell, 2007) Deze case wordt gekozen op basis van de mogelijkheden om inzicht te krijgen in de omstandigheden waarin de hypothese bevestigd dan wel verworpen wordt. In dit onderzoek worden kritische cases gekozen, waarbij als eerste selectie een ‘succesvolle integratie’ de voorwaarde is.

Met als referentie de geleverde systemen (scheepsinstallaties op sleepopperzuigers in de laatste 5 jaar), zijn open interviews georganiseerd met lead-engineers, projectleiders en afdelingshoofden van de Systems Integrator, om te bepalen welke cases (door de Systems Integrator geïntegreerde componentinnovaties) geschikt zijn voor een casestudie. Dit heeft geresulteerd in een twintigtal in aanmerking komende cases (*candidate cases*) willekeurig verdeeld over de zes categorieën van het model in figuur 2. Uit deze candidate cases is voor elk van de zes categorieën de ‘*most likely*’ case geselecteerd. Dit is een voorlopige selectie aangezien de plaats in het model en het succes van de integratie pas met zekerheid is vast te stellen na de casestudie.

3.3 Meting

In de volgende fase van het onderzoek is een vragenlijst opgesteld voor semigestructureerde interviews met betrokkenen om de plaats in het model en het succes van de integratie vast te kunnen stellen. Om deze vragenlijst te verbeteren is een testinterview georganiseerd met een lead-engineer van de Systems Integrator waarbij een testcase als onderwerp is genomen. Hieruit volgden een aantal verbeteringen in de vragenlijst, maar ook voor de procedure. Enkele vragen bleken beter geschikt om direct aan de leverancier te stellen en bepaalde data kon eenvoudiger door de onderzoeker uit het datasysteem van de organisatie verzameld worden. Ook bleek de testcase, welke een integratie uit 2003 betrof, te gedateerd. Een aantal zaken kon de respondent zich niet meer herinneren, waarna de maximale periode van 10 naar 5 jaar werd bijgesteld. Daarnaast werd besloten om elke respondent voorafgaand aan het interview te vragen om technische documenten, foto’s en tekeningen om zodoende herinnering op te roepen, maar ook houvast te bieden tijdens de uitleg gedurende het interview.

De volgorde van de te onderzoeken cases is door de onderzoeker bepaald en afhankelijk van enerzijds een gelijkmatige verdeling over de categorieën van het model en anderzijds de

minimale te verwachten falsificatie van de hypothese (*most likely*). Op basis van deze criteria zijn ook enkele van de cases direct afgevallen of na enkele inleidende vragen gedurende de interviews. In het laatste geval is het interview direct herstart met als onderwerp een andere case waarbij de geïnterviewde ook betrokken was.

Om de *modulariteit van het component* te bepalen zijn vragen gesteld met als onderwerp 'de interface met overige componenten', 'de mate van standaardisatie' en 'voorspelbaarheid van de invloed op overige componenten'. (Petersen et al., 2005) Voor de radicaliteit van de innovatie is gevraagd naar het gebruik van bestaande kennis (*competence-enhancing*), of juist de vervanging ervan (*competence-destroying*). (Tushman & Anderson, 1986) Voor de mate van *organisatorische koppeling* zijn vragen gesteld over de hoeveelheid en inhoud van correspondentie met de componentleverancier. Het *succes van de integratie* is gemeten door vragen over technisch en economisch resultaat. Het technisch integratiesucces is gemeten aan de hand van vragen over de technische uitvoering, prestaties, problemen en klanttevredenheid, maar ook de door de Systems Integrator ontwikkelde kennis. Voor economisch integratiesucces zijn vragen gesteld over kostprijs, winst, efficiëntie, budget en concurrentievoordeel. (Petersen et al., 2005; Tatikonda & Montoya-Weiss, 2001)

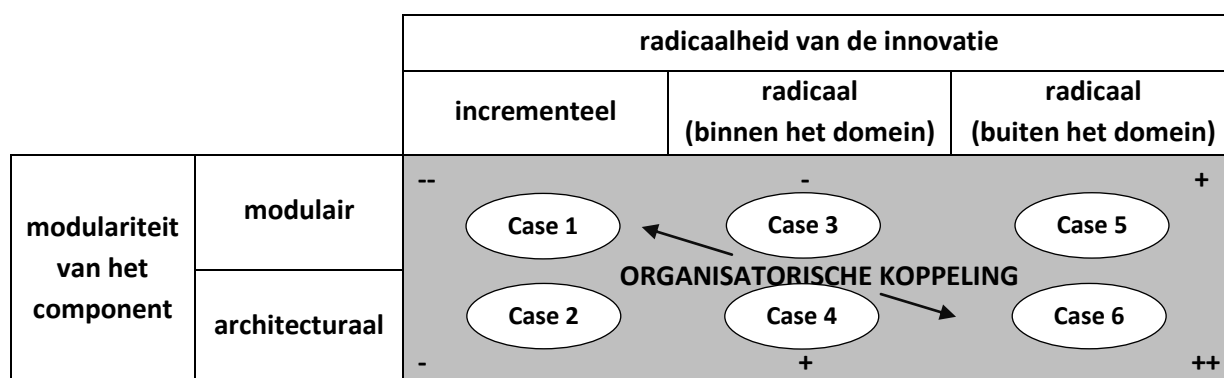
De data is verzameld door twaalf semigestructureerde interviews met de lead-engineer en leverancier die betrokken waren bij de integratie van eenzelfde case, waarna deze data in de eerste plaats deductief is uitgewerkt. Per case is zo bepaald in welke categorie het te plaatsen is, in hoeverre de coördinatie is uitgevoerd zoals in het model beschreven wordt en of de integratie van de componentinnovatie succesvol was. Met de lead-engineers is voor de interviews een afspraak gemaakt in een gereserveerde spreekruimte in het hoofdkantoor van de Systems Integrator, waarop een interview volgde welke gemiddeld een uur duurde. De leveranciers zijn per email of telefonisch op de hoogte gebracht, waarna op een geschikt moment en na enige voorbereiding een telefonisch interview is afgesproken wat gemiddeld een half uur in beslag nam. In de gesprekken met de leveranciers werden vragen gesteld welke door de lead-engineer niet beantwoord konden worden, maar ook enkele opvallende zaken geverifieerd. De resultaten van deze gesprekken zijn uitgewerkt volgens de structuur van de vragenlijst. Deze zijn teruggekoppeld naar de betreffende respondenten, waarbij gevraagd werd naar opmerkingen en/ of toevoegingen. Een samenvatting van de uitkomst van deze dataverzameling wordt beschreven in het volgende hoofdstuk.

3.4 Betrouwbaarheid en validiteit

De externe validiteit of generaliseerbaarheid is een kritisch en veelbesproken punt bij casestudies. Hoe kan een enkele case representatief zijn voor alle cases in het onderzoeksveld? Het antwoord is eenvoudig: niet. (Bryman & Bell, 2007) Het is hierbij echter belangrijk om in te zien dat een juist gekozen case niet een enkele steekproef is, maar een betrouwbare representatie van een bepaalde klasse, bijvoorbeeld ‘succesvolle integraties’ van een ‘radicale innovatie’ van een ‘modulair component’. De multiple casestudie verbetert hierbij de externe betrouwbaarheid door replicatie. De zes categorieën van het theoretisch model worden bestreken, waarbij zoveel mogelijk de *most-likely* case wordt geselecteerd. De interne validiteit neemt toe door de keuze van verschillende bronnen voor de dataverzameling. Leveranciers hebben doorgaans andere belangen dan lead-engineers, wat zich mogelijk zal uiten in een verschil van mening ten aanzien van eenzelfde case en daardoor een objectiever resultaat. Ook het terugkoppelen van de uitgewerkte interviews naar de respondenten verhoogt de betrouwbaarheid van de hierin opgenomen data.

4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de dataverzameling beschreven, samengevat en toegelicht. De zes cases bestrijken incrementele en radicale innovaties van modulaire en architecturale componenten, zowel binnen als buiten het bestaande domein. Doordat er meerdere candidate cases per categorie beschikbaar zijn, vallen de uiteindelijk gekozen cases duidelijk in de verschillende categorieën. In de eerste instantie worden de deductieve resultaten weergegeven, waarna per case een gedetailleerde onderbouwing volgt. Ter voorbereiding op de discussie in het volgende hoofdstuk worden hierbij ook opvallende inductieve resultaten vermeld.



Figuur 4. Case studies en gewenste organisatorische koppeling (“-” zwak; “+” sterk)

Tabel 1 geeft een deductief overzicht van de resultaten uit de zes cases waarbij de gemeten organisatorische koppeling, welke varieert van zeer zwak tot zeer sterk, wordt vergeleken met de volgens de theorie gewenste organisatorische koppeling. In alle cases werd door zowel de lead-engineer van de Systems Integrator als de betreffende leverancier aangegeven dat de integratie van de componentinnovatie in het systeem een technisch en economisch succes was, wat hiermee een bevestiging is van de selectievoorwaarde voor de cases. Nogmaals, alleen een succesvolle case kan de theorie falsificeren.

CASE	1	2	3	4	5	6
Innovatietype	incrementeel		radicaal		rad. (buiten domein)	
Componenttype	modulair	architect.	modulair	architect.	modulair	architect.
Gewenste org. koppeling	--	-	-	+	+	++
Gemeten org. koppeling	--	+	+	+	+	-

Tabel 1. Dataverzameling uit de cases (organisatorische koppeling: “-” zwak; “+” sterk)

4.1 CASE 1: Incrementele innovatie, modulair component

Deze case betreft de vervanging van een lastscheider in de standaard besturingskast van de Systems Integrator. Met een lastscheider kan d.m.v. één draaiknop de elektrische voeding van een besturingskast afgeschakeld worden, waarna deze gereed is voor werkzaamheden zoals onderhoud of modificatie. De leverancier van de lastscheiders heeft in 2009 de bestaande serie lastscheiders vervangen door een nieuw type. Doordat de leverancier vooraf een conversielijst gemailld heeft naar de afdeling inkoop van de Systems Integrator, werd het mogelijk de oude types op te zoeken en in het ontwerp van de besturingskast te vervangen door een nieuw type met vergelijkbare specificaties. Bij de daadwerkelijke integratie hebben engineers van de Systems Integrator eenmalig telefonische ondersteuning en uitleg m.b.t. de conversielijst gevraagd aan de leverancier, waarna er geen contact meer is geweest. De lastscheider is een zeer modulair component vanwege de geringe verbindingen met overige componenten en de zeer duidelijke afspraken over deze interfaces. De innovatie is incrementeel aangezien er slechts enkele verbeteringen in het ontwerp van de lastscheider zijn doorgevoerd. De integratie was een succes, er is weinig communicatie geweest (zeer zwakke organisatorische koppeling, *decoupled*) en ook geen technische problemen met het systeem nadat het was voorzien van het nieuwe type lastscheider. Volgens het theoretisch model is een zeer zwakke organisatorische koppeling en coördinatie op basis van marktmechanismen bij een dergelijke incrementele innovatie van een modulair component gewenst. Het voorbeeld dat hierbij gegeven wordt is de relatie op armlengte, ofwel het bestellen op basis van een catalogus. De Systems Integrator zou dus weinig tot geen contact moeten hebben met de leverancier om een dergelijke componentinnovatie te integreren in zijn systeem. Dit komt overeen met de resultaten, wat betekent dat deze case de hypothese niet verwerpt.

Opvallend in deze case is het feit dat de verbeteringen in het nieuwe component bij de Systems Integrator niet bekend waren. De leverancier heeft deze tijdens het interview van deze casestudie opgesomd en na terugkoppeling was de lead-engineer van de Systems Integrator zeer verbaasd dat bijvoorbeeld de as voor de draaiknop verstevigd werd door de leverancier, aangezien hier nooit problemen mee waren. Een ander opvallende aspect wat de lead-engineer toevoegt is dat dit soort innovaties regelmatig voorkomt, wat de nodige

inspanning vraagt van de Systems Integrator zonder dat dit enig voordeel lijkt op te leveren. Zo luidt ook de mening van de Systems Integrator in deze case:

Het omnummeren heeft een paar uurtjes gekost zonder dat de nieuwe serie voor ons daadwerkelijk meerwaarde oplevert, maar hier ontkom je niet aan. Je weet als Systems Integrator dat leveranciers met enige regelmaat hun productserie vernieuwen. (lead-engineer Systems Integrator)

De leverancier geeft bij navraag aan dat je soms een productrange opnieuw moet indelen omdat bepaalde modellen niet lopen of samengevoegd kunnen worden. Het lijkt in dit geval dus gedeeltelijk een commercieel aspect te zijn. In deze case is duidelijk dat de innovatie volledig geïnitieerd wordt door de leverancier. De Systems Integrator vindt dit soort innovaties van leveranciers eigenlijk een noodzakelijk kwaad, maar is zich er tegelijk van bewust dat er (voor hem onbekende) verbeteringen zijn opgenomen in het nieuwe component.

4.2 CASE 2: Incrementele innovatie, architecturaal component

Het betreft in deze case de verbetering van een datacommunicatielijn in het standaard alarmsysteem van de Systems Integrator. Door gebruik te maken van deze nieuwe communicatietechniek, wordt de snelheid verhoogd, storingskans verlaagd en installatie vereenvoudigd. Ook kunnen hierdoor veel aangesloten componenten vernieuwd worden, aangezien de tot dan toe gebruikte techniek relatief verouderd is. Om de nieuwe standaard te converteren t.b.v. het alarmsysteem is een 'gateway' toegevoegd, welke de nieuwe communicatieverbinding converteert naar het bestaande systeem. Omdat een dergelijke gateway niet als standaard product op de markt is, werd de vraag voorgelegd aan een bestaande leverancier van vrij programmeerbare PLC-systemen (Programmable Logic Controller). Doordat de componenten van deze leverancier multifunctioneel zijn, leek een dergelijke oplossing mogelijk. De Systems Integrator heeft de gateway geconfigureerd en geprogrammeerd in samenwerking met de leverancier, wat resulteerde in een prima oplossing. Ook achteraf zijn er geen technische problemen geweest met het systeem. De leverancier heeft in dit ontwerptraject een testopstelling beschikbaar gesteld en enkele malen contact gehad met de Systems Integrator. Deze innovatie is incrementeel aangezien het slechts een verbetering van de communicatiestandaard betreft. Het component is echter

duidelijk architecturaal vanwege de omvangrijke wijzigingen in het aantal omliggende componenten. Volgens het theoretisch model zou een dergelijke innovatie vragen om een zwakke organisatorische koppeling met de leverancier, wat echter niet overeenkomt met de resultaten. De organisatorische koppeling was redelijk sterk te noemen, aangezien er meerdere keren contact is opgenomen met de leverancier en deze als reactie hierop twee maal de Systems Integrator heeft bezocht voor technische ondersteuning. De aanleiding van deze bezoeken was echter een probleem in het component van de leverancier wat tijdens de integratie naar boven kwam. Bij producten die nog niet lang op de markt zijn, komen dit soort problemen vaker voor, maar in relatie tot het theoretische model kan dit soort ondersteuning niet geschaard worden onder noodzakelijke organisatorische koppeling vanwege de aard van de componentinnovatie. De hypothese wordt in deze case dus niet verworpen ondanks dat er een te sterke organisatorische koppeling gemeten is.

De vraag rijst hierbij waarom zowel Systems Integrator als leverancier de integratie als een succes bestempelen ondanks deze overmaat aan communicatie en samenwerking. Vooral de leverancier lijkt onevenredig veel kosten gemaakt te hebben. Denk hierbij aan de testopstelling, correspondentie met en meerdere bezoeken aan de Systems Integrator. Bij navraag blijkt dit volgens de leverancier vooral te maken te hebben met de fase waarin deze zich bevindt. De gebruikte componenten zijn vrij kort op de maritieme markt en hier ligt een uitdaging voor deze leverancier. Door samenwerking en ondersteuning verwacht men de nodige meerwaarde te bieden, waardoor het component toegankelijker wordt voor nieuwe klanten in deze sector. Dit blijkt ook wanneer de leverancier gevraagd wordt naar de manier waarop de samenwerking in deze case is vastgelegd, bijvoorbeeld contractueel:

De basis van elke samenwerking ligt in de wil van samenwerken. “Wat kunnen wij voor u betekenen, hoe kunnen wij u verder helpen?” werkt voor ons beter dan contracten.
(componentleverancier)

De te sterke organisatorische koppeling is voor de Systems Integrator een voordeel, aangezien een deel van zijn taken in deze integratie zijn overgenomen door de leverancier. Door de leverancier lijken er onnodige kosten te zijn gemaakt, maar deze geeft aan dat dit een investering is in de toekomst en daarmee een commerciële keuze die los staat van het succes in deze specifieke case.

4.3 CASE 3: Radicale innovatie (binnen het domein), modulair component

Deze componentinnovatie betreft een vermogensmeting voor generatoren welke gebruikt wordt in het standaard hoofdschakelbord van de Systems Integrator. Aangezien de generatoren tijdkritisch bewaakt worden op basis van het gemeten vermogen moet deze meting aan een bepaalde maximale reactietijd voldoen, welke tot enkele jaren geleden uitsluitend haalbaar was met passieve analoge componenten. Het nadeel van deze componenten is de beperkte functionaliteit, zodat er meerdere componenten nodig zijn voor een vermogensmeting. Daarbij was de Systems Integrator ontevreden over de leverancier van één van de analoge componenten, wat voornamelijk levertijd, kostprijs en servicekwaliteit betrof. In 2009 vond een gesprek plaats met een bestaande leverancier van digitale multifunctionele meetwaardenomvormers, waarbij dit probleem per toeval ter sprake kwam. Ook van de standaard multifunctionele digitale vermogensmeting van deze leverancier bleek de reactietijd niet toereikend, maar de leverancier gaf te kennen dat in de digitale technologie flinke vooruitgangen zijn geboekt en wanneer het standaard component aangepast werd, de reactietijd waarschijnlijk gehaald kon worden. De Systems Integrator gaf de gewenste specificaties op en de leverancier ontwierp op basis hiervan een gemodificeerd model van de bestaande vermogensmeting. Na enkele tests in het laboratorium van de leverancier in bijzijn van de Systems Integrator bleek dit nieuwe digitale component volgens de opgestelde specificaties te functioneren en hiermee een uitstekend alternatief voor de tot dan toe gebruikte analoge componenten. De functionaliteit, bedrijfszekerheid en servicekwaliteit namen significant toe en de levertijd en kostprijs werden gehalveerd, wat deze integratie van een componentinnovatie in het systeem een groot succes maken. De innovatie is radicaal aangezien de digitale techniek, met actieve rekenalgoritmes, de bestaande kennis van de passieve analoge componenten volledig vervangt. Het is echter wel radicaal binnen hetzelfde domein van meetdiscipline, het blijft een vermogensmeting. Het component is modulair, de interface t.o.v. de te vervangen analoge componenten als geheel verandert nagenoeg niet en er zijn heldere afspraken over deze interfaces. Op basis van het theoretisch model past hierbij een zwakke organisatorische koppeling met de leverancier vanwege de modulariteit van het component. Uit de resultaten blijkt echter dat er een sterke koppeling was, bijvoorbeeld de verschillende besprekingen voor het bepalen van de specificaties en laboratoriumtests waar de Systems Integrator bij aanwezig was. Belangrijk in deze communicatie en samenwerking tussen Systems Integrator en leverancier is het

onderscheid in ontwikkeling van het component en integratie van de componentinnovatie. Welke organisatorische koppeling zou gemeten zijn wanneer dit nieuwe component voor een andere klant ontwikkeld was en al enige jaren op de markt beschikbaar zou zijn. In dat geval zou minimale communicatie voldoende zijn om dit volwassen en bewezen product te integreren in het systeem. Met andere woorden, de gemeten organisatorische koppeling is veroorzaakt door de ontwikkeling van een nieuw product en niet door de integratie van dit component in het systeem. De hypothese wordt daarom in deze case niet verworpen, ondanks het feit dat de gemeten organisatorische koppeling te sterk is.

Zowel de Systems Integrator als de leverancier geven aan dat de integratie een succes is, ook in economisch opzicht, terwijl er toch duidelijk teveel communicatie en samenwerking is geweest. Deze kosten worden echter niet als overbodig gezien door de Systems Integrator vanwege de toegevoegde waarde en verlaging in kostprijs. Wanneer de vraag over onnodige kosten voorgelegd wordt aan de leverancier blijkt ook hier dat de leverancier zijn mening baseert op meer dan alleen de feiten in deze specifieke case:

We leveren veel producten aan deze Systems Integrator in de meest uiteenlopende toepassingen. Deze specifieke ontwikkeling is dan ook eerder als servicegebaar een investering in een goede klant dan een individueel winstgevend artikel.
(componentleverancier)

Ook voor de leverancier is deze integratie dus een economisch succes, al is het dan om commerciële redenen en niet direct als gevolg van dit specifieke component. Het blijkt ook dat de leverancier zich hiermee tot op zeker hoogte onmisbaar maakt voor de Systems Integrator, want een alternatief voor een dergelijk afgestemd component is niet beschikbaar op de markt.

4.4 CASE 4: Radicale innovatie (binnen het domein), architecturaal component

Zoals in de voorgaande case reeds toegelicht worden generatoren in een scheepsinstallatie op basis van het opgenomen vermogen bewaakt en onderling geregeld. Bij elektrische vermogenstoename of uitval van één van de generatoren wordt dit vermogen verdeeld tussen de beschikbare generatoren of bij een overschrijding van het maximale vermogen wordt een extra generator ingeschakeld. Deze koppeling van de generatoren en onderlinge regeling wordt in het systeem van de Systems Integrator uitgevoerd door een complexe

combinatie van diverse componenten. In 2007 krijgt de Systems integrator de vraag van een klant om deze functionaliteit te combineren in één component en heeft de betreffende lead-engineer een bespreking met een leverancier van dergelijke componenten. Het voorstel is om de diverse componenten te vervangen door een multifunctionele generator controle unit, welke onderling direct te koppelen is met eenzelfde unit op andere generatoren. Dit component voorziet niet alleen in dezelfde functionaliteit als de bestaande oplossing maar heeft meer mogelijkheden. De regeling is bijvoorbeeld gemakkelijker te visualiseren en in te stellen. De leverancier biedt direct technische ondersteuning aan, onder andere door het systeemontwerp met het nieuwe component te controleren op correcte integratie. Het technische resultaat is een succes, vooral door de eenvoudige afstelling van de regeling voor de kostbare generatoren. De innovatie is radicaal aangezien er nieuwe kennis nodig is van het softwarematig inregelen van een dergelijk component en doordat de kennis over de complexe samenwerking tussen de diverse componenten overbodig is geworden. Wel bevindt de nieuwe oplossing voor vermogensverdeling en -regeling binnen hetzelfde domein als de bestaande componenten. Het component is architecturaal gezien het aantal interfaces met overige componenten, waarvan er ook nog een aantal wijzigen. Bij een dergelijke componentinnovatie past volgens het theoretisch model een sterke organisatorische koppeling tussen de Systems Integrator en de componentleverancier, wat overeenkomt met de resultaten uit de dataverzameling voor deze case. De hypothese wordt om die reden in deze case niet verworpen.

Opvallend in deze case is de reactie van de lead-engineer op de vraag naar de modulariteit van het component. Waar de bestaande oplossing bestaat uit diverse modulaire componenten, welke ieder afzonderlijk eenvoudig te vervangen zijn door een alternatief, heeft het nieuwe component een architecturale functie ingenomen door de omvangrijke interface en onderlinge verbindingen met overige componenten.

Eigenlijk is de vermogensregeling door deze unit een architecturaal systeem geworden in plaats van diverse modulaire componenten per generator. (lead-engineer Systems Integrator)

Door deze innovatie is de vermogensregeling als component naar een hoger nivo verplaatst, wat zich bewijst in de toegenomen functionaliteit van het systeem. Het blijft een

vermogensmeting maar door de meerwaarde mag deze integratie zeker een technologische vooruitgang van het systeem genoemd worden.

4.5 CASE 5: Radicale innovatie (buiten het domein), modulair component

In de baggersector wordt veelvuldig gebruikt gemaakt van elektromotoren die geschikt zijn voor bedrijf onder water. Met name bij elektrische aandrijving van pompen in een zuigbuis van een sleephopperzuiger, waar een dergelijke motor tot 30 meter onder het wateroppervlak werkzaam is. De Systems Integrator in deze case levert motoren volledig gevuld met olie om te voorkomen dat er water bij het elektrische deel van de motor komt. Door het verschil in druk op de motor bij het onder water brengen, dient deze verschildruk gecompenseerd te worden. De al 30 jaar gebruikte oplossing hiervoor is het plaatsen van één of meer blaasbalgen naast en in verbinding met de motor, die ervoor zorgen dat de oliedruk in de motor te allen tijde hoger is dan de waterdruk buiten de motor. Deze balgen zijn echter onbetrouwbaar en zeer onderhoudsgevoelig, wat het een kostbare oplossing maakt. Al jaren wordt er naar een alternatief gezocht, bijvoorbeeld in de vorm van een pneumatisch geregeld drukcompensatie systeem. Dit systeem bestaat uit een drukvat naast de motor, half gevuld met olie en half met lucht. Door de actuele verschildruk te meten en op basis daarvan met een regelkast, welke geplaatst is binnen het schip, de luchtdruk in het drukvat te regelen wordt een perfecte overdruk in de motor gerealiseerd. In 2010 kreeg de Systems Integrator van een baggermaatschappij, welke vernomen had van deze succesvolle tests, de vraag om een dergelijk systeem op een aantal schepen te plaatsen. Het drukvat en de verschillende metingen aan de motor werden door de Systems Integrator ontworpen en geproduceerd. Voor de pneumatische regelkast werd contact opgenomen met een leverancier welke bekend staat vanwege het ontwerpen en produceren van dergelijke klantspecifieke regelkasten. In de eerste instantie werd door de Systems Integrator op basis van globale specificaties een offerte aangevraagd. Na enig contact bleek de leverancier in staat om de benodigde regelkast te produceren en werd de offerte omgezet in een opdracht via de afdeling inkoop. Tijdens ontwerp van het drukvat door de Systems Integrator en de regelkast door de leverancier is er diverse malen telefonisch en email contact geweest voor de onderlinge technische afstemming. De Systems Integrator heeft hierin duidelijk de leiding gehad, het ontwerp van de regelkast werd dan ook door de leverancier voor productie ter goedkeuring en controle aan de Systems Integrator voorgelegd. Nadat productie van beide

delen afgerond was heeft de lead-engineer van de Systems Integrator enkele tests bij de leverancier bijgewoond waar nog enkele details werden bijgesteld. De functionaliteit is met deze pneumatische drukregeling zeker toegenomen en er zijn geen technische problemen geweest. Deze innovatie is radicaal buiten het (30 jaar durende) domein van de drukbalgen. Het drukregelsysteem is een modulair component omdat het een zelfstandig werkend onderdeel in de scheepsinstallatie is. Volgens het theoretisch model moet bij een dergelijke innovatie de organisatorische koppeling met de leverancier sterk zijn, wat gezien het contact tussen de Systems Integrator en de leverancier in deze case overeenkomt met de resultaten. De hypothese wordt hier dus niet verworpen.

Het bijzondere in deze case is dat de Systems Integrator zelf de productie van een deel van deze componentinnovatie op zich neemt. Het drukvat had namelijk ook door de leverancier van de regelkast geproduceerd kunnen worden:

*Het drukvat is door de Systems Integrator zelf geproduceerd. Wij hebben dit wel aangeboden, maar om onbekende reden werd dit niet in opdracht gegeven.
(componentleverancier)*

Bij navraag aan de lead-engineer blijkt de reden eenvoudig. Aangezien het ontwerp van een dergelijk component, zeker in het beginstadium, nog vaak verandert tijdens productie en testen is het verstandiger om het eerste model zelf te produceren. In de toekomst zal de productie van dit drukvat zeker uitbesteed worden. Deze manier van eigen productie voorafgaand aan uitbesteding is overigens gebruikelijk bij de Systems Integrator.

4.6 CASE 6: Radicale innovatie (buiten het domein), architecturaal component

Één van de meest opvallende innovaties van deze Systems Integrator uit de afgelopen jaren is de ontwikkeling van een complexe elektrisch vermogensverdeling. Aangezien een schip doorgaans voorzien is van twee identieke hoofdmotoren voor zowel voortstuwing als elektriciteitsvoorziening is er een probleem bij een enkele verbruiker op het elektriciteitsnet. Wanneer deze geplaatst wordt op één van de hoofdmotoren zorgt dit voor stuurproblemen aangezien beide motoren tevens voorzien zijn van een schroef voor voortstuwing. Voor een grote enkele verbruiker, bijvoorbeeld een onderwaterpomp, wordt daarom een extra dieselmotor met generator geplaatst. In 2009 kreeg de Systems Integrator de vraag van een klant om hiervoor een oplossing te ontwikkelen. Er werd gevraagd naar het aansluiten van

een grote onderwaterpomp op beide hoofdgeneratoren, zodat een extra dieselmotor overbodig is. Al meer dan tien jaar heeft de Systems Integrator een vaste leverancier voor aandrijfsystemen van elektromotoren. De vraag naar een mogelijke oplossing werd dan ook door de Systems Integrator doorgeschoven naar deze leverancier, aangezien hier door de Systems Integrator een mogelijke oplossing werd gezien. Dit vermoeden was gebaseerd op jarenlange ervaring met de door deze leverancier geleverde aandrijfsystemen. De leverancier kwam met het advies om een centrale controle unit te plaatsen welke in combinatie met twee aandrijvingen de generatoren zou kunnen koppelen. Op die manier kan een gecontroleerd deel van het elektrisch vermogen van de eerste generator toegevoegd worden aan de andere generator welke de onderwaterpomp aandrijft. De door de leverancier te leveren centrale controle unit voorziet in enkele standaard functies, maar is multifunctioneel configureerbaar zodat de uiteindelijk gewenste functionaliteit naar eigen inzicht geprogrammeerd kan worden door de Systems Integrator. Vanwege de hoge kosten van de generatoren, schakelbord en onderwaterpomp en het hieruit volgende risico voor schade heeft de Systems Integrator besloten om een testopstelling bij deze leverancier aan te schaffen welke bestaat uit een centrale controle unit en miniatuur uitvoeringen van de twee aandrijvingen. Tijdens het ontwerp, integratie, programmering en testen is er slechts enkele malen contact per telefoon of email geweest met de leverancier met technische vragen over de componenten. Buiten dit contact en de bestelling van de materialen is er een minimale koppeling geweest tussen de Systems Integrator en deze leverancier. Het ontwerptraject was moeizaam aangezien er een grote hoeveelheid componenten in het systeem aangepast moest worden, waarbij van een aantal de verantwoording op diverse afdelingen van de Systems Integrator lag. Volgens de leverancier is de integratie goed verlopen, de lead-engineer is het hiermee niet helemaal eens en geeft aan dat er meer kennis door de leverancier geleverd had kunnen worden. Het ontwerp heeft veel tijd gekost waardoor het integratiebudget is overschreden, maar toch is het een economisch succes vanwege de opgedane kennis en testopstelling die beiden herbruikbaar zijn. Deze innovatie is radicaal en valt buiten het bestaande domein van de extra dieselmotor, welke met deze oplossing compleet overbodig wordt. Het component is zeer architecturaal vanwege de grote impact op de overige componenten in het systeem. Volgens het theoretisch model past bij dit soort complexe componentinnovaties en zeer sterke organisatorische koppeling

tussen de Systems Integrator en de componentleverancier (*tightly coupled*), wat duidelijk niet overeenkomt met de resultaten uit deze case. De hypothese wordt hier verworpen.

Een discussie over de mogelijke oorzaken van de sterke afwijking tussen de resultaten uit deze case en de hypothese volgt in het volgende hoofdstuk. Enkele opmerkelijke zaken uit de dataverzameling van deze case moeten hierin zeker meegenomen worden. Zo is er de testopstelling die volgens de lead-engineer door de leverancier voor een gereduceerde prijs beschikbaar gesteld zou zijn. De leverancier is hierover zeer verbaasd wanneer dit geverifieerd wordt tijdens het interview:

Over een beschikbaar gestelde testopstelling is bij ons niets bekend, ik kan me vaag wat herinneren over een standaardbestelling van kleine componenten. (componentleverancier)

De geïnterviewde is overigens de enige contactpersoon bij de leverancier voor deze Systems Integrator, dus als hierin samengewerkt is zou deze dat zeker moeten weten. Dit verschil is een goed voorbeeld van nog enkele afwijkingen tussen de reactie van de lead-engineer en de leverancier. Bijvoorbeeld de mening van de leverancier over de complexiteit van deze componentinnovatie. Uit alles blijkt dat deze innovatie voor de Systems Integrator één van de meest complexe is uit de afgelopen jaren, met name de configuratie en programmering van de door de leverancier geleverde componenten. Wanneer de leverancier gevraagd wordt naar de uitdaging en complexiteit van deze integratie volgt een opvallend antwoord:

De integratie was eenvoudig, deze oplossing gebaseerd op de door ons geleverde componenten is een bewezen product. Op het moment dat we van de Systems Integrator deze vraag kregen, hadden wij zeker niet het idee “nu gaan we wat beleven”. Het is een redelijk eenvoudig en vele malen eerder uitgevoerde techniek. (componentleverancier)

Het component is dus een volledig uitontwikkeld, volwassen product wat al vele jaren op de markt is en veelvuldig door diverse Systems Integrators is toegepast. Het is dan ook volgens de leverancier geen uitdaging om een dergelijk component in het systeem te verwerken en ondersteuning van de leverancier voor een dergelijk product lijkt overbodig. Deze afwijkende mening van de leverancier is na het interview teruggekoppeld aan de lead-engineer, met de vraag hoe deze afwijkingen te verklaren zijn. Het blijkt dat gezien de complexiteit van het systeemdeel de gecompliceerde configuratie van de componenten van

ondergeschikt belang is. Er was dus geen ondersteuning nodig van de leverancier voor de configuratie van de door hen geleverde multifunctionele componenten, omdat de uitdaging lag in de architecturale kennis van het systeem en proces. Het verduidelijken van de gewenste functionaliteit aan de leverancier zou meer tijd kosten dan deze hulp bij integratie zou opleveren. Dit heeft er dan ook toe geleid dat de leverancier niet op de hoogte was van de ingewikkelde oplossing die met behulp van zijn product is ontwikkeld, maar slechts een standaard componentlevering heeft ervaren.

5 Conclusie en discussie

Gebaseerd op de dataverzameling worden in dit hoofdstuk de deductieve resultaten teruggekoppeld op de vraagstelling en de hieruit volgende conclusie uitgebreid met een analyse van het inductief resultaat, zowel per case als tussen de cases onderling. Hierop volgt een overzicht van de wetenschappelijke implicaties en de praktische relevantie voor managers van Systems Integrators en leveranciers. Tot slot worden de beperkingen van dit onderzoek en mogelijkheden voor vervolgonderzoek besproken.

Met deze conclusie zal de vraagstelling uit het eerste hoofdstuk worden beantwoord, welke luidt:

Welke invloed heeft de aard van een componentinnovatie op de gewenste organisatorische koppeling met de leverancier voor een succesvolle integratie in een complex productsysteem?

Deze beantwoording wordt uitgevoerd op basis van de volgende onderzoeksvragen:

1. Welke verschillen in aard van componentinnovaties worden onderscheiden?
2. Welke mate van organisatorische koppeling past hierbij volgens de literatuur?
3. Wanneer is de integratie van een componentinnovatie succesvol?
4. Welke invloed heeft de aard van een componentinnovatie op de gewenste organisatorische koppeling?
5. Wat valt hieruit te concluderen m.b.t. de geldigheid van de te toetsen theorie?
6. Wat is hiervan de praktische relevantie voor managers in de maritieme sector?

De term organisatorische koppeling betreft in deze context de communicatie, kennisoverdracht en samenwerking tussen de Systems Integrator en de betreffende componentleverancier ten behoeve van de integratie van een componentinnovatie in een door de Systems Integrator geleverd complex systeem. Uit het literatuuronderzoek blijkt dat een dergelijke componentinnovatie afhankelijk is van de positie die het component inneemt ten opzichte van andere componenten in het systeem, ofwel de modulariteit. (Henderson & Clark, 1990) Een modulair component heeft een beperkt aantal duidelijk gedefinieerde

verbindingen met overige componenten in het systeem. Een architecturaal component heeft daarentegen een groot aantal en/ of onduidelijk gedefinieerde verbindingen. De mate van modulariteit van het betreffende component heeft een negatieve invloed op de noodzakelijke organisatorische koppeling tussen een Systems Integrator en de betreffende componentleverancier. (Hoetker, 2006; Tiwana, 2008) Bij innovaties van een modulair component is er weinig contact met de leverancier nodig, terwijl voor een architecturaal component het tegenovergestelde geldt.

Naast modulaire versus architecturale componenten onderkennen Henderson en Clark (1990) het onderscheid tussen incrementele en radicale innovaties. Dit is te vergelijken met een kleine verbetering gebaseerd op bestaande kennis of een volledig nieuw concept wat de bestaande kennis overbodig maakt. In radicale innovaties onderscheiden Leifer et al. (2000) verschillende vormen, welke in de context van dit onderzoek samengevat kunnen worden in radicale innovaties binnen en buiten het domein van het bestaande component. De mate van radicaliteit van de innovatie heeft een positieve invloed op de noodzakelijke organisatorische koppeling, wat versterkt wordt wanneer de radicale innovatie zich buiten het domein van het bestaande component bevindt. Bij incrementele innovaties is weinig contact met de leverancier nodig, terwijl voor een architecturaal component het tegenovergestelde geldt, met name wanneer deze zich buiten het domein van het bestaande component bevindt.

Het succes van een door de Systems Integrator geïntegreerde componentinnovatie in het complex systeem is tweeledig. Er is onderscheid te maken tussen technisch en economisch succes. (Petersen et al., 2005) Een te zwakke organisatorische koppeling zal een technisch onbalans in het systeem veroorzaken. (Rosenberg, 1976) Een te sterke organisatorische koppeling leidt echter tot onnodige kosten door bijvoorbeeld een teveel aan communicatie of overmaat aan kennisoverdracht. Om het succes te bepalen moet rekening worden gehouden met het projectsucces van de integratie wat bestaat uit tijd, geld en kwaliteit, maar ook marktsucces, wat zich laat meten door relatieve verkoop en klanttevredenheid. Een combinatie van deze theorieën leidt tot de propositie dat een correcte afstemming van de mate van organisatorische koppeling met de leverancier op de modulariteit van het component en de radicaliteit van de innovatie een noodzakelijke voorwaarde is voor succesvolle integratie van de componentinnovatie.

5.1 Analyse theorie en resultaten

De hiervoor besproken resultaten uit het literatuuronderzoek welke antwoord geven op de eerste vier onderzoeksvragen hebben in de methodologie geleid tot de volgende te toetsen hypothese.

Hypothese: Bij alle succesvolle integraties van een componentinnovatie is er correcte afstemming van de mate van organisatorische koppeling met de leverancier op de modulariteit van het component en de radicaliteit van de innovatie.

Tabel 2 is een overzicht van de in het vorige hoofdstuk beschreven resultaten uit de dataverzameling, waarbij de gemeten organisatorische koppeling wordt vergeleken met de volgens de theorie gewenste organisatorische koppeling. Per case wordt aangeven of op basis van deze gegevens de hypothese verworpen wordt.

CASE	1	2	3	4	5	6
Innovatietype	incrementeel		radicaal		rad. (buiten domein)	
Componenttype	modulair	architect.	modulair	architect.	modulair	architect.
Gewenste org. koppeling	--	-	-	+	+	++
Gemeten org. koppeling	--	+	+	+	+	-
Hypothese verworpen	nee	(ja)	(ja)	nee	nee	ja

Tabel 2. Data-analyse (organisatorische koppeling met leverancier: “-” = zwak; “+” = sterk)

Cases 1, 4 en 5 blijken de hypothese niet te verwerpen aangezien de in deze cases gemeten organisatorische koppeling overeenkomt met de volgens het theoretisch model gewenste koppeling. Bij cases 2 en 3 is dit niet het geval, hier is een te sterke koppeling gemeten tussen de Systems Integrator en de componentleverancier. Dit betekent dat er teveel contact of samenwerking is geweest, wat resulteert in te hoge kosten en een overschot aan kennis. De in deze twee cases gemeten koppeling blijkt bij nader onderzoek echter niet veroorzaakt te zijn door het architecturale component of door de radicale innovatie, maar door de onvolwassenheid van het component waardoor de leverancier meer service levert en ondersteuning biedt bij problemen met dit nieuwe product. Om die reden wordt de hypothese hier ondanks deze mismatch in organisatorische koppeling niet verworpen. Case 6 toont duidelijk de grootste afwijking tussen de gemeten en gewenste organisatorische koppeling, waardoor de hypothese hier verworpen wordt. Bij deze zeer complexe innovatie

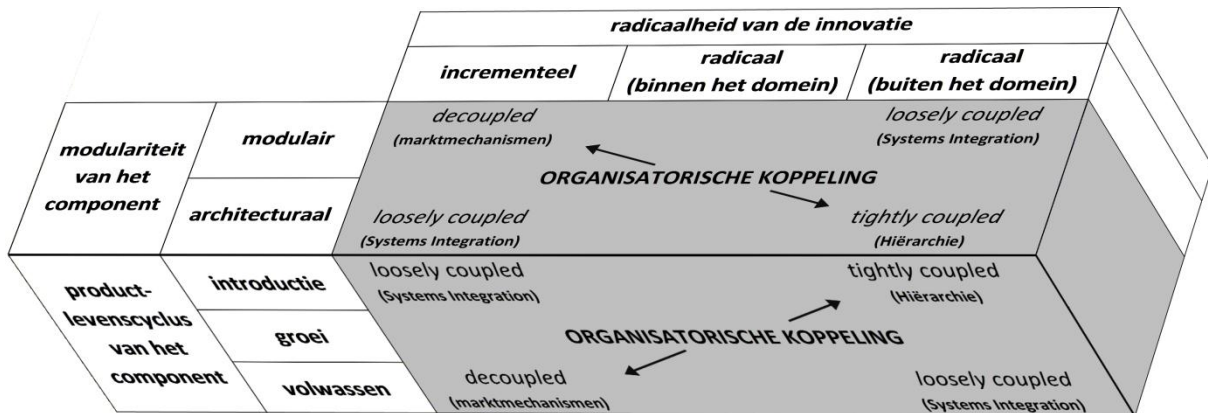
zou volgens de theorie een zeer sterke koppeling (*tightly coupled*; verticale integratie) vereist zijn voor het integratiesucces van deze componentinnovatie. Er is echter een zwakke koppeling gemeten en in tegenstelling tot de theorie toch integratiesucces. Hierbij valt echter op dat het component als product al zeer lang op de markt is en dit als een reden wordt gegeven voor de te zwakke organisatorische koppeling.

De geldigheid van de te toetsen theorie in dit deductieve onderzoek, samengevat in de propositie, blijkt gefalsificeerd. Een correcte afstemming van de mate van organisatorische koppeling met de leverancier op de modulariteit van het component en de radicaliteit van de innovatie is blijkbaar geen noodzakelijke voorwaarde voor succesvolle integratie van de componentinnovatie. Belangrijke kanttekening bij deze conclusie is dat er voor de correcte afstemming een extra variabele met invloed op de organisatorische koppeling blijkt te zijn, namelijk de volwassenheid van het betreffende component. Met andere woorden, het model wat op basis van het literatuuronderzoek gevormd is blijkt onvolledig. In de volgende paragraaf wordt een derde dimensie toegevoegd.

5.2 Conclusie

Het verschil in de drie cases die de hypothese verwerpen is dat in cases 2 en 3 een te sterke organisatorische koppeling met de leverancier wordt gemeten en in case 6 een te zwakke koppeling ten opzichte van het theoretisch model. Een verband tussen de eerste twee is de reden die de leverancier geeft voor dit teveel aan contact met de Systems Integrator. In beide cases wordt de communicatie en samenwerking vooral door de leverancier geïnitieerd als 'service aan een goede klant'. De overbodige kosten die hierin gemaakt worden, zijn dan ook vooral voor rekening van de leverancier welke dit ziet als investering in de toekomst. De leverancier van case 6 ziet hiervan niet de noodzaak gezien de jarenlange relatie en productkennis die bij de Systems Integrator aanwezig is. In deze case is het dan ook tegenovergesteld, de Systems Integrator geeft aan dat dit een investering in de toekomst is gezien de ervaring en productkennis welke is opgedaan. Een verband wat hieraan ten grondslag ligt is de fase van het betreffende product op de markt. Levitt (1965) noemt dit de fase van een productlevenscyclus. Een product doorloopt achtereenvolgens de fasen introductie, groei, volwassenheid en dan terugval. Dit leidt tot een derde dimensie in het model welke samen met de radicaliteit van de innovatie en de modulariteit van het

component de gewenste organisatorische koppeling tussen een Systems Integrator en de leverancier bepaald:



Figuur 5. Extra dimensie componentinnovatie: de productlevenscyclus van het component

Dit aangepaste model verklaart de afwijkingen en de verwerpingen van het initiële model in figuur 2 op basis van de cases. Het gaat bijvoorbeeld in cases 2 en 3 om leveranciers waarvan de betreffende producten relatief nieuw zijn op de maritieme markt. Deze introductiefase verklaart de sterke organisatorische koppeling. De producten van de leverancier in case 6 zijn daarentegen zeer bekend en hebben zich bewezen in de maritieme sector. Een product in de volwassen fase dus, wat daarmee de zwakkere koppeling (*loosely coupled*) met de leverancier verklaart. Ook case 5, welke het oorspronkelijke model overigens niet verwerpt, is een goed voorbeeld van de invloed van de productlevenscyclus op de organisatorische koppeling. De Systems Integrator besluit in deze case om een onderdeel van de componentinnovatie zelf te ontwikkelen en produceren, omdat dit in het beginstadium nog zo vaak verandert. Volgens de lead-engineer is deze wijze van eigen productie voorafgaand aan uitbesteding gebruikelijk voor de Systems Integrator. Tijdens de introductiefase van de productlevenscyclus wordt de ontwikkeling en productie door de Systems Integrator verticaal geïntegreerd, waarna dit tijdens de fasen van groei en volwassenheid wordt uitbesteed aan leveranciers. Tot slot blijken ook cases 1 en 4 het nieuwe model te onderbouwen, aangezien beide componenten zich in de volwassen fase van productlevenscyclus bevinden. Er zou hier dus geen sterkere organisatorische koppeling nodig zijn, wat overeen komt met de gemeten koppeling in beide cases. Aangezien geen van

de cases in dit onderzoek het in figuur 5 weergegeven model weerleggen en enkele cases deze derde dimensie bevestigen, resulteert dit onderzoek in de volgende conclusie:

Conclusie: Een correcte afstemming van de mate van organisatorische koppeling met de leverancier op de modulariteit en de fase in de productlevenscyclus van het component en de radicaliteit van de innovatie is een noodzakelijke voorwaarde voor succesvolle integratie van de componentinnovatie.

Naast deze conclusie volgt er nog een opvallend resultaat uit dit onderzoek, het verschil in mening van lead-engineer en leverancier m.b.t. hoe de modulariteit en radicaliteit van de componentinnovatie ervaren wordt. Met name in case 6 wat voor de Systems Integrator de meest complexe innovatie is van de afgelopen jaren, blijkt dit voor de leverancier een standaard en eenvoudig product. Het gaat in deze case om een vervanging door een component ver buiten het huidige domein, een dieselmotor wordt hier overbodig gemaakt door een elektronische regeling. Ook in andere cases (2 en 4) is te zien dat een door de Systems Integrator als architecturaal gekenmerkt component door de leverancier bestempeld wordt als modulair. Een reden hiervan is een onderdeel van modulariteit, namelijk multifunctionaliteit. Door als leverancier standaard bouwstenen aan te bieden die afzonderlijk vrij combineerbaar, configureerbaar en programmeerbaar zijn kan een Systems Integrator hiermee de meest uiteenlopende architecturale componenten samenstellen. De noodzakelijke organisatorische koppeling is ook lager, zoals blijkt in case 6 waar de focus bij de integratie niet ligt op het component van de leverancier maar op de systeemspecifieke samenstelling en configuratie op basis architecturale kennis. Zeker wanneer multifunctionele componenten als standaard bouwstenen reeds diverse keren in het systeem toegepast zijn (case 6) verkrijgt de Systems Integrator voldoende kennis om zonder hulp van de leverancier een dergelijke integratie te voltooien. Bij nieuwe multifunctionele componenten (case 2) is meer hulp nodig van de leverancier, wat echter gezien wordt als investering.

Wat bij cases die een sterke organisatorische koppeling vragen (4, 5 en 6) opvalt is de kennis die de Systems Integrator opdoet. Waar in case 6 door de lead-engineer aangegeven wordt dat er veel kennis is ontwikkeld door te zwakke koppeling, hebben de lead-engineers van case 4 en 5 een andere mening. Bij deze cases was er voldoende koppeling en blijkt de Systems Integrator uiteindelijk weinig componentkennis opgedaan te hebben. Bij radicale

innovaties en/ of architecturale componenten kan de Systems Integrator dus kennis opdoen door taken van de leverancier zelf uit te voeren. De hiermee ontwikkelde componentkennis kan gezien worden als een investering, welke van waarde is bij toekomstige innovaties. Case 6 is hiervan een goed voorbeeld, door componentkennis van de Systems Integrator wordt hier een componentinnovatie mogelijk, welke door de leverancier wegens gebrek aan architecturale kennis nooit geïnitieerd zou zijn.

5.3 Implicaties en beperkingen

De consequentie van dit onderzoek voor de wetenschappelijke theorie volgt uit het deductieve resultaat waar in verschillende cases de propositie wordt verworpen. Een correcte afstemming van de mate van organisatorische koppeling met de leverancier op uitsluitend de modulariteit van het component en de radicaliteit van de innovatie is geen noodzakelijke voorwaarde voor succesvolle integratie van de componentinnovatie in het gekozen domein. Er moet hier degelijk rekening worden gehouden met de fase in de productlevenscyclus van het component.

Enkele beperkingen in dit onderzoek dienen genoemd te worden. In de eerste plaats bestaat de mogelijkheid dat de steekproef ‘sleephopperzuigers’ als scheepsinstallatie slechts beperkt representatief is voor het domein: alle Systems Integrators in de maritieme sector. Daarnaast zou een experiment beter passen bij een onderzoek naar een noodzakelijke voorwaarde dan een casestudie. (Dul & Hak, 2008) Echter omdat de cases geobserveerd worden binnen een operationeel bedrijf is een experiment praktisch niet haalbaar. Wat betreft de gekozen cases zou verificatie van de propositie verbeteren wanneer naast de *most-likely* ook de *least-likely* cases geselecteerd worden. Deze zouden volgens Flyvbjerg (2006) namelijk het meest geschikt zijn voor ondersteuning van een propositie:

Cases of the “most likely” type are especially well suited to falsification of propositions, whereas “least likely” cases are most appropriate to tests of verification. It should be remarked that a most likely case for one proposition is the least likely for its negation (p. 231)

Vanwege de beperkt beschikbare tijd voor dit onderzoek zou een verdubbeling van het aantal cases en daarmee ook het aantal interviews de nauwkeurigheid per case niet ten goede komen. Ook in het meten van de variabele ‘integratiesucces’ wordt een beperking onderkend, aangezien het ervaren succes afhankelijk is van de verwachting. Bij een hoge

verwachting is het gemeten succes lager dan eenzelfde succes bij een lage verwachting. In dit onderzoek is het economische succes onder andere gemeten op basis van het gestelde budget, wat de uiteindelijk gemeten waarde kan beïnvloeden. (Lipovetsky et al., 1997) Er zijn in de vragenlijst daarom enkele indicatoren van succes toegevoegd zoals klanttevredenheid, interesse van potentiële klanten en concurrentievoordeel, welke dit relatief succes enigszins aanvullen en compenseren.

De praktische relevantie voor managers van Systems Integrators en leveranciers volgt voornamelijk uit het inductieve resultaat van dit onderzoek, de within-case en cross-case analyses. Er moet met het oog op kennisintegratie rekening gehouden worden dat leveranciers welke zich in een marktniche bevinden en/ of relatief jong zijn in de markt, bereid zijn om extra kosten te maken voor service en ondersteuning als investering in de toekomst. Let wel, bij een te sterke organisatorische koppeling met de leverancier doet een Systems Integrator weinig componentkennis op door eigen ervaring vanwege deze overvloedige technische ondersteuning. Het technisch en economisch succes van de integratie op basis van kwaliteit en budget mag dan gewaarborgd zijn, maar tegelijk wordt het zicht op potentiële innovatiemogelijkheden van de Systems Integrator verminderd. Als de leverancier weinig ondersteuning levert (verticale kennisintegratie), doet een Systems Integrator veel bruikbare kennis op. Innovatiekansen buiten het domein worden hierdoor groter, wat overeen komt met de resultaten van Geyskens et al. (2006) dat bij technologische onzekerheid marktmechanismen de voorkeur hebben ten opzichte van hiërarchie. Langdurige samenwerkingsverbanden en verticale integratie tijdens een periode van innovatiemogelijkheden maken een Systems Integrator inflexibel door het feit dat een alternatieve leverancier minder in beeld is.

5.4 Vervolgonderzoek

Een eerste aanbeveling voor vervolgonderzoek is het empirisch testen van het aangepaste model. De conclusie van de derde dimensie welke uit dit onderzoek volgt is gebaseerd op de meerwaarde uit de resultaten. De extra dimensie is namelijk niet gemeten in alle cases aangezien er hierover geen vragen opgenomen waren in de vragenlijst voor de semigestructureerde interviews. De propositie van dit vervolgonderzoek zou overeenkomen met de conclusie uit de voorgaande paragrafen:

Een correcte afstemming van de mate van organisatorische koppeling met de leverancier op de modulariteit en de fase in de productlevenscyclus van het component en de radicaliteit van de innovatie is een noodzakelijke voorwaarde voor succesvolle integratie van de componentinnovatie.

Een tweede aanbeveling voor wetenschappelijk vervolgonderzoek is de bij de praktische relevantie genoemde kennisintegratie van de leverancier. Bij een zwakke organisatorische koppeling met de leverancier doet de Systems Integrator namelijk meer componentkennis op wat in combinatie met marktmechanismen zou kunnen leiden tot een verhoging van het zicht op innovatiemogelijkheden. Een mogelijke onderzoeksvraag hiervoor zou kunnen zijn:

Hebben samenwerkingsrelaties met vaste leveranciers een negatieve invloed op innovatiemogelijkheden van Systems Integrators?

Let wel, de oorzaak van deze invloed kan tweeledig zijn. Enerzijds wordt in deze scriptie naar voren gebracht dat een Systems Integrator afhankelijk wordt van een leverancier en minder flexibel door een te sterke koppeling gedurende integratie van componentinnovaties. Dit heeft als oorzaak dat er te weinig componentkennis door de Systems Integrator opgedaan wordt. Anderzijds geven Geyskens et al. (2006) aan dat marktmechanismen de voorkeur hebben boven verticale integratie gedurende een periode van technologische onzekerheid. Hierbij worden vooral radicale innovaties buiten het huidige domein door de beschikbare keuze van alternatieve leveranciers gestimuleerd.

6 Referenties

- Barczak, G., Griffin, A., & Kahn, K.B. (2009). Trends and drivers of success in NPD practices: Results of the 2003 PDMA best practices study. *Journal of Product Innovation Management* 26(1), 3-23.
- Barlow, J. (2000). Innovation and learning in complex offshore construction projects. *Research Policy*, 29, 973-989.
- Brusoni, S., Prencipe, A., & Pavitt, K. (2001). Knowledge specialization, organizational coupling, and the boundaries of the firm: why do firms know more than they make? *Administrative Science Quarterly*, 46(4), 597-621.
- Brusoni, S., & Prencipe, A. (2001). Technologies, product, organisations: opening the black box of modularity. *Industrial and Corporate Change*, 10(1), 179-205.
- Bryman, A. & Bell, E. (2007). *Business Research Methods*. Oxford: Oxford University Press.
- Dul, J. & Hak, T. (2008). *Case Study Methodology in Business Research*. Oxford: Butterworth-Heinemann/Elsevier.
- Davies, A., Brady, T., & Hobday, M. (2007). Organizing for solutions: systems seller vs. systems integrator. *Industrial Marketing Management*, 36(2), 183-193.
- Eisenhardt, K.M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14, 532–550.
- Flyvbjerg, B. (2006). Five misunderstandings about case study research. *Qualitative Inquiry*, 12(2), 219-245.
- Gambardella, A., & Torrisi, S. (1998). Does technological convergence imply convergence in markets? Evidence from the electronics industry. *Research Policy*, 27, 445-463.
- Geyskens, I., Steenkamp, J., Kumar, N. (2006). Make, buy, or ally: a meta-analysis of transaction cost theory. *Academy of Management Journal* 49, 519-543.

- Gulati, R., & Singh, H. (1998). The architecture of cooperation: Managing coordination costs and appropriation concerns in strategic alliances. *Administrative Science Quarterly*, 43, 781-814.
- Henderson, R.M., & Clark, K.B. (1990). Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35, 9-30.
- Hobday, M. (1998). Product complexity, innovation and industrial organization. *Research Policy*, 26, 689-710.
- Hobday, M., Davies, A., & Prencipe, A. (2005). Systems integration: A core capability of the modern corporation. *Industrial and Corporate Change*, 14, 1109-1143.
- Hoetker, G. (2005). How much you know versus how well I know you. selecting a supplier for a technically innovative component. *Strategic Management Journal*, 26, 75-96.
- Hoetker, G. (2006). Do modular products lead to modular organizations? *Strategic Management Journal*, 27, 501-518.
- Jaspers, F., & Van Den Ende, J.C.M. (2010). Open innovation and systems integration: how and why firms know more than they make. *International Journal of Technology Management*, 52(3-4), 275-294.
- Jaspers, F., Prencipe, A., & Van Den Ende, J.C.M. (2012). Organizing interindustry architectural innovations: Evidence from mobile communication applications. *Journal of Product Innovation Management*, 29(3), 419-431.
- King, N., & Anderson, N. (2002). *Managing innovation and change: A critical guide for organizations*. London: Thompson.
- Leifer, R., McDermott, C.M., O'Connor, G.C., Peters, L.S., Rice, M.P., & Veryzer, R.W. (2000). *Radical Innovation: How Mature Companies Can Outsmart Upstarts*. Cambridge: Harvard Business School Press.
- Levitt, T. (1965). Exploit the product life cycle. *Harvard Business Review*, 43, 81-94.

-
- Lipovetsky, S., Tishler, A., Dvir, D., & Shenhar, A. (1997). The relative importance of defense projects success dimensions. *R&D Management*, 27(2), 97-106.
- McLellan, T.N., & Hopman, R.J. (2000). Innovations in dredging technology: equipment, operations, and management. *Dredging Operations and Environmental Research Program, US Army Corps of Engineers*.
- Orton, J. D., & Weick, K. E. (1990). Loosely coupled systems: A reconceptualization. *Academy of Management Review*, 15, 203-223.
- Petersen, K.J., Handfield, R.B., & Ragatz, G.L. (2005). Supplier integration into new product development: coordinating product, process and supply chain design. *Journal of Operations Management*, 23(3-4), 371-388.
- Prencipe, A. (1997). Technical competencies and products' evolutionary dynamics: a case study from the aero engine industry. *Research Policy*, 25, 1261-1276.
- Prencipe, A., Davies, A., & Hobday, M. (2003). *The business of Systems Integration*. Oxford: Oxford University Press.
- Rosenberg, N. (1976). *Perspectives on Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schilling, M.A. (2000). Toward a general modular systems theory and its application to interfirm product modularity. *Academy of Management Review*, 25(2), 312-334.
- Schilling, M.A. (2008). *Strategic Management of Technological Innovation*. New York: McGraw-Hill.
- Sobrero, M., & Roberts, E.B. (2001). The trade-off between efficiency and learning in interorganizational relationships for product development. *Management Science*, 47(4), 493-511.
- Takeishi, A. (2002). Knowledge partitioning in the interfirm division of labor: the case of automotive product development. *Organization Science*, 13(3), 321-338.

- Tatikonda, M.V., & Montoya-Weiss, M.M. (2001). Integrating operations and marketing perspectives of product innovation: The influence of organizational process factors and capabilities on development performance. *Management Science*, 47(1), 151-172.
- Tiwana, A., & Keil, M. (2007). Does peripheral knowledge complement control? An empirical test in technology outsourcing alliances. *Strategic Management Journal*, 28, 623-634.
- Tiwana, A. (2008). Does interfirm modularity complement ignorance? A field study of software outsourcing alliances. *Strategic Management Journal*, 29, 1241-1252
- Tushman, M.L., & Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environments. *Administrative Science Quarterly*, 31, 439-465.
- Von Tunzelmann, N. (1998). Localised technological search and multi-technology companies, *Economics of Innovation and New Technology*, 6, 231-255.