

Alexander Richter

**Industrielle Produkt-Service-Systeme: Eine
vertragstheoretische Analyse**

Arbeitsbericht Nr. 9

September 2010

Arbeitsberichte des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft

Prof. Dr. Marion Steven

Arbeitsberichte des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft
ISSN 1433-9323

- Nr. 1** **Kerstin Bruns, Marion Steven:**
Rückstands- und regionsspezifische Analyse von Entsorgungssystemen
Juni 1997
- Nr. 2** **Marion Steven:**
Die Bedeutung der Gutenberg'schen Produktionstheorie für die
Produktionsplanung und -steuerung
Dezember 1997
- Nr. 3** **Peter Letmathe, Marion Steven:**
Anforderungen an Umwelterklärungen aus wissenschaftlicher und
politischer Sicht
Dezember 1998
- Nr. 4** **Marion Steven, Peter Letmathe:**
Objektorientierte Kostenrechnung
Februar 2000
- Nr. 5** **Marion Steven, Rolf Krüger:**
Category Logistics
Juni 2001
- Nr. 6** **Marion Steven, Inga Pollmeier:**
Das Wertkettenmodell zur Integration von Absatz- und Produktionsprozessen
Juli 2006
- Nr. 7** **Marion Steven, Susanne E. Zapp:**
Technical Inefficiencies and Profit-Maximization
November 2008
- Nr. 8** **Markus Karger, Alexander Richter, Tim Sadek, Wolf Christian Strotmann**
Flexibility of Industrial Product Service Systems – An Assessment Based on Concept
Modelling
September 2010
- Nr. 9** **Alexander Richter**
Industrielle Produkt-Service-Systeme: Eine vertragstheoretische Analyse
September 2010

Impressum

Prof. Dr. Marion Steven
Lehrstuhl für Produktionswirtschaft
Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Telefon (02 34) 32 – 23010
Telefax (02 34) 32 – 14717
Email prowi-lehrstuhl@rub.de
Internet www.prowi.rub.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
1 Einleitung	1
2 Diskussion der einschlägigen Literatur	5
3 Komplexität im Design von IPS²	10
3.1 Modellformulierung	11
3.2 Modellanalyse	15
3.2.1 Integriertes Design	15
3.2.2 Modularisiertes Design	16
3.2.3 Vergleich von integriertem und modularisiertem Design	18
3.3 Abschließende Bemerkungen	20
4 Komplexität der Leistungserbringung	23
4.1 Modellformulierung	23
4.2 Das optimale Anreizschema für den Anbieter	29
4.3 Vertragsgestaltung von IPS ²	33
4.4 Abschließende Bemerkungen	35
5 Schlussbetrachtung	38
Symbolverzeichnis	41
Literaturverzeichnis	43

1 Einleitung

Viele Industrieunternehmen befinden sich derzeit in einem Wandel vom Sachleister zum produzierenden Dienstleister. Die Gründe hierfür liegen neben einer Möglichkeit zur Differenzierung des Angebots im Wettbewerb und einer zunehmenden kundenseitigen Nachfrage nach Dienstleistungen insbesondere in dem beachtlichen Erlöspotential, das Dienstleistungen entlang des Lebenszyklus einer installierten Basis von Produkten bieten (Oliva und Kallenberg 2003, S. 160). Dieses Potential resultiert aus dem Umstand, dass in vielen Industrien die installierte Basis an Produkten den Verkauf von Neuprodukten um ein Vielfaches übersteigt. Ökonomischer Wert wird demnach vor allem „downstream“ erzeugt, d.h. nicht mehr innerhalb der Produktion selbst, sondern durch das Bereitstellen unterstützender After-Sales-Services für den Betrieb und die Nutzung der Produkte (Wise und Baumgartner 1999).

Vor diesem Hintergrund gewinnen **innovative Geschäftsmodelle** an wirtschaftlicher Bedeutung, die mit einem integrierten Angebot von Sach- und Dienstleistungen das Problem des Kunden unmittelbar lösen. Durch das Verfolgen einer solchen Strategie entsteht zugleich eine neue Form der Zusammenarbeit, welche sich durch veränderte Anreizstrukturen auszeichnet. Grundlage der Geschäftsbeziehung und damit Ausgangspunkt für einen Wandel der Anreizstruktur ist das Leistungsversprechen des Anbieters, welches sich nun konsequent am Kundennutzen ausrichtet. Mögliche Erscheinungsformen solcher innovativen Geschäftsmodelle sind das verfügbarkeitsorientierte und das ergebnisorientierte Geschäftsmodell. So wird innerhalb eines verfügbarkeitsorientierten Geschäftsmodells die Einsatzfähigkeit eines Produktionsmittels garantiert, während in einem ergebnisorientierten Geschäftsmodell darüber hinaus die gesamte Verantwortung für das Produktionsergebnis auf den Anbieter übergeht. Zum Einen übernimmt damit der Anbieter immer mehr Aufgaben, die zuvor vom Kunden ausgeführt wurden. Je nach Ausprägung des gegebenen Leistungsversprechens löst sich damit das etablierte Rollenverständnis von Kunde und Anbieter einer traditionellen Geschäftsbeziehung mehr oder minder auf. Zum Anderen übernimmt der Anbieter zusätzliche Risiken, da seine Erlöse nun dem Leistungsversprechen folgend vom Kundennutzen abhängig sind. Gleichzeitig sind innovative Geschäftsmodelle besser dazu geeignet, die Anreize von Kunde und Anbieter aufeinander abzustimmen, als es traditionelle Geschäftsmodelle vermögen, bei denen Sach- und Dienstleistungen separat bepreist werden. Innovative Geschäftsmodelle ermöglichen es, durch eine geeignete Umverteilung von Anreizen und Risiken den durch

die Problemlösung erzeugten Beitrag für die Wertschöpfung des Kunden zu steigern und gleichzeitig dem Anbieter eine höhere Marge in Aussicht zu stellen (Otte et al. 2007).

Das mit innovativen Geschäftsmodellen verfolgte Ziel einer Lösung des kundenspezifischen Problems erfordert aus Sicht des Anbieters ein individualisiertes und integriertes Angebot aus Sach- und Dienstleistungen. Kunden betrachten Problemlösungen hingegen als relationalen Geschäftsbeziehungsprozess, welcher von einer Definition der Kundenanforderungen bis hin zur dauerhaften After-Sales-Betreuung reicht (Tuli, Kohli und Baharadwaj 2007, S. 4ff.). Unter Berücksichtigung beider Sichten werden Problemlösungen als **Industrielle Produkt-Service-Systeme (IPS²)** definiert, welche sich durch eine integrierte und gegenseitig determinierende Planung, Entwicklung, Erbringung und Nutzung von Sach- und Dienstleistungsanteilen auszeichnen (Meier et al. 2005, S. 431). Dabei wird eine partielle Substituierbarkeit der jeweiligen Sach- und Dienstleistungsanteile vorausgesetzt. Durch diese Definition wird gleichzeitig dem eingangs geschilderten Umstand Rechnung getragen, dass ökonomischer Wert für den Kunden kaum noch in der Produktion selbst, sondern in der Entwicklung und Nutzung von Produkten erzeugt wird.

Eine solche Definition lässt die verschiedensten Erscheinungsformen von IPS² zu, je nachdem, welche Kundenanforderungen abzudecken sind. In diesem Artikel wird vor diesem Hintergrund auf das Konstrukt der **Systemkomplexität** zurückgegriffen, um die unterschiedlich entwickelten IPS² voneinander abzugrenzen. Dabei wird die Komplexität von IPS² in ein die Systemstruktur beschreibendes statisches Merkmal und in eine dynamische Komponente, welche die Veränderung des Systems über die Zeit abbildet, unterschieden. IPS² können damit auf einem Kontinuum von wenig bis sehr komplex eingeordnet werden.

Die **Struktur** eines IPS² wird in der Entwicklung über

- die Anzahl der Systemelemente,
- das Ausmaß der Interaktion der Elemente sowie
- den Innovationscharakter des Systems determiniert (Novak und Eppinger 2001, S. 189).

Für die mit IPS² verfolgte Zielsetzung der Kundennutzenmaximierung empfiehlt sich eine technisch integrierte Entwicklung der einzelnen Teilleistungen (Systemelemente). Technische Integration bedeutet eine hohe Anzahl an interagierenden Teilleistungen. Dadurch kann ein Wert erzeugt werden, der die Summe der Werte unabhängig entwickelter Teilleistungen übersteigt. Außerdem wird es mit einem steigenden

Integrationsgrad für die Konkurrenz zunehmend schwieriger, einzelne Teilleistungen zu substituieren.

Die **dynamische Komponente** spiegelt die Anpassungsfähigkeit des IPS² an veränderte Anforderungen wider. Durch die Ausrichtung des IPS² auf den gesamten Lebenszyklus eines Produktes dehnt sich die Leistungserbringung aus. Dies impliziert, dass das Planungsproblem in der Entwicklungsphase einer erhöhten Unsicherheit unterliegt. So kann sich während der Erbringung und Nutzung die Unternehmensstrategie des Kunden verändern. Der Kunde möchte bspw. Know-How aufbauen, so dass es zu einer Umverteilung der Aufgaben und Rollen innerhalb der Geschäftsbeziehung kommt. Daneben können technologische Innovationen, die neue verbesserte Lösungen ermöglichen, eine Anpassung erforderlich machen. Auch Veränderungen beim Anbieter z.B. in Form eines erweiterten Angebotsportfolios können Auslöser für Anpassungen am IPS² sein. Je länger dabei der vereinbarte Zeitraum ist, über den sich die Leistungserbringung und -nutzung erstreckt, desto größer ist die Unsicherheit und desto wahrscheinlicher wird eine Anpassung im Verlauf der Leistungserbringung.

Der Artikel untersucht mit Hilfe ausgewählter vertragstheoretischer Modelle den Einfluss der Systemkomplexität auf die Entscheidungsprozesse innerhalb des Lebenszyklus eines IPS². Besonderes Augenmerk liegt dabei auf möglichen Anreizproblemen, die durch eine Interaktion von Anbieter und Kunde in den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus entstehen. Im Rahmen von zwei Modellen werden verschiedene Determinanten sequentieller Entscheidungen analysiert und Handlungsempfehlungen gegeben. Insbesondere werden Aussagen über das Design eines IPS² getroffen, d.h. wann die Entwicklung von IPS² integriert und wann modularisiert durchgeführt werden sollte. Ferner werden Handlungsempfehlungen über die Ausgestaltung des Geschäftsmodells gegeben. Diese beschreiben einerseits, wie eine vertragliche Allokation von Entscheidungs- und Kontrollrechten über die Anpassung eines bereits im Betrieb befindlichen Systems vorzunehmen ist, andererseits werden Aussagen über die Erlösmodellgestaltung abgeleitet. Der Artikel zeigt, dass eine anreizkompatible Risikoverteilung nur mit Hilfe einer angemessenen Allokation von Entscheidungsrechten in Verbindung mit einem innovativen Erlösmodell erzielt werden kann.

Der Rest des Artikels gliedert sich wie folgt. In Abschnitt 2 wird zunächst ein Überblick über die einschlägige Literatur gegeben. Im anschließenden Abschnitt 3 erfolgt eine vertragstheoretische Analyse der statischen Komplexität von IPS². Es wird die integrierte und die modularisierte Systemarchitektur auf ihre Vorteilhaftigkeit hin untersucht. Wie das Geschäftsmodell unter Berücksichtigung dynamischer Komplexitätsaspekte des IPS² auszugestalten ist, wird in Abschnitt 4 analysiert und diskutiert. Der Artikel endet mit einer Schlussbetrachtung, in der die Ergebnisse zu-

1. Einleitung

sammengefasst, Konsequenzen für das Management von IPS² abgeleitet und offene Fragestellungen aufgezeigt werden.

2 Diskussion der einschlägigen Literatur

Die Literatur hat sich mit der Gestaltung von Produkt-Service-Systemen und langfristigen Geschäftsbeziehungen bereits aus verschiedenen Perspektiven auseinander gesetzt. Neben modelltheoretischen Arbeiten aus dem Bereich After-Sales-Service weist der vorliegende Artikel Bezug zu der Theorie unvollständiger Verträge und zur Modularisierungstheorie auf.

Im Bereich **After-Sales-Services** existieren eine Reihe von Arbeiten, die entweder Fragestellungen zur Preis- und Qualitätsgestaltung von produktbegleitenden Dienstleistungen untersuchen oder sich mit Fragen zur Steigerung der Produktivität ihrer Erbringungsprozesse beschäftigen. Im Rahmen ersterer Ansätze wird die Qualität produktbegleitender Dienstleistungen häufig als zusätzliche Design-Entscheidung modelliert. Cohen und Whang (1997) verfolgen in diesem Zusammenhang einen Produkt-Lebenszyklus-Ansatz, mit dem sie einen integrierten Rahmen schaffen, um den Verkauf sowohl von Sachleistungen als auch von Dienstleistungen wie Wartung und Reparatur abzubilden. Der von ihnen analysierte Trade-off resultiert aus einer separaten Bepreisung, so dass zwischen dem Profit aus der Veräußerung des Produktes und aus dem zeitlich nachgelagerten Verkauf der Dienstleistungen abgewogen werden muss. Der vorliegende Beitrag betrachtet ebenfalls eine integrierte Entwicklung von Sach- und Dienstleistungen, fokussiert dabei allerdings innovative Erlösmodelle. Diese adressieren den durch das integrierte Angebot geschaffenen Wertbeitrag für den Kunden, so dass Sach- und Dienstleistungen nicht in Konkurrenz zueinander stehen, sondern gemeinsam ein Kundenproblem lösen. Die Auswirkungen einer leistungsabhängigen Entlohnung werden in Kim et al. (2007) analysiert. Sie untersuchen Anreizprobleme im Rahmen einer Sicherung der Verfügbarkeit eines aus n Subsystemen bestehenden Produktes. Dem Ansatz liegt ein Trade-off zwischen einer Verbesserung der Verfügbarkeit eines Subsystems und einer gleichzeitigen Kostenreduzierung für die Lagerhaltung von Ersatzteilen zu Grunde. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass das optimale Entlohnungsschema für einen Zulieferer eines Subsystems eine Kombination aus einem fixen Preis, einem Cost-plus-Preis und einer die Verfügbarkeit beschreibenden leistungsabhängigen Komponente darstellt. Fragen der Planung und Entwicklung von Systemen und das Zusammenspiel der Subsysteme bildet das Modell jedoch nicht ab.

2. Diskussion der einschlägigen Literatur

Im Gegensatz dazu liegt der Fokus dieses Artikels auf der Anreizwirkung der Systemkomplexität sowohl im statischen als auch im dynamischen Sinne. Die Analyse findet daher im Rahmen der Theorie unvollständiger Verträge statt und beschränkt sich nicht auf das Finden eines geeigneten Entlohnungsschemas zur Lösung des Anreizproblems.¹

Ausgangspunkt des **Property-Rights-Theorie** (PRT) von Grossman und Hart (1986) und Hart und Moore (1990) (GHM) bzw. der Theorie unvollständiger Verträge ist das Problem der effizienten Steuerung eines komplexen Leistungsaustauschs zwischen Unternehmen. Spezifische Investitionen in Kombination mit unvollständigen Verträgen, für welche nicht alle zukünftigen Eventualitäten vertraglich spezifiziert bzw. von Dritten verifiziert werden können, führen zu dem in der Literatur als Hold-up beschriebenen Problem der Unterinvestition. Die Unterinvestition resultiert aus dem Umstand, dass der Investor sich aufgrund der Spezifität seiner Investition in eine Abhängigkeit begibt, die von seinem Vertragspartner durch Nachverhandlungen der ursprünglich getroffenen Vereinbarungen ausgenutzt werden kann. Eigentumsrechte stellen nun ein geeignetes Instrument dar, um die relative Verhandlungsmacht der Investors zu stärken. Sie beschreiben residuale Entscheidungsrechte, die dem Eigentümer das Recht einräumen, die Verwendung des Assets (in Form eines Produktionsmittels bzw. einer Maschine im Kontext von IPS²) über vertragliche Vereinbarungen hinaus zu bestimmen. Dadurch werden dem Eigentümer Anreize für spezifische Investitionen geschaffen, welche die Wertschöpfung innerhalb der Geschäftsbeziehung erhöhen.

Der Ansatz von GHM kann dabei in seiner klassischen Form nur bedingt auf die Fragestellungen von IPS² übertragen werden, da er keine direkte Modellierung von Komplexität erlaubt. Mit seiner Hilfe kann jedoch erklärt werden, warum innerhalb innovativer Geschäftsmodelle das Eigentum des Produktionsmittels beim Anbieter verbleibt. Dem Anbieter werden dadurch Anreize gegeben, in die Entwicklung des (hybriden) Produktes zu investieren (Aghion und Tirole 1994). Die PRT eignet sich in diesem Zusammenhang insbesondere zur Abbildung der Planungs- und Entwicklungsphase von IPS². Dies steht im Einklang mit der Idee innovativer Geschäftsmodelle, in denen der Kunde nicht für den Erwerb des Produktionsmittels, sondern für seine Nutzung zahlt. Zentraler Vertragsgegenstand ist damit nicht das Eigentum an dem Produktionsmittel, sondern Aspekte seiner Nutzung und der Leistungserbringung.

¹Im Kontext von IPS² untersuchen Otte, Richter und Steven (2008) mit einem Ansatz zur Theorie unvollständiger Verträge die Vorziehenswürdigkeit innovativer Geschäftsmodelle gegenüber traditionellen Geschäftsmodellen. In Richter und Steven (2009) werden das ergebnis- und das verfügbarkeitsorientierte Geschäftsmodell von IPS² unter dem Aspekt einer anreizkompatiblen Risikoverteilung bei unvollständigen Verträgen miteinander verglichen.

2. Diskussion der einschlägigen Literatur

Entscheidungsprobleme während der Erbringungs- und Nutzungsphase vermag die PRT nur unzureichend abzubilden. Sie fokussiert ausschließlich das Hold-up-Problem, d.h. das Setzen ex ante geeigneter Anreize für beobachtbare, aber nicht verifizierbare Investitionen während der Planung und Entwicklung.² Das Auftreten von ex ante nicht antizipierten bzw. die Realisierung von ex post nicht beschreibbaren Ereignissen kann die getätigten Investitionen nicht mehr beeinflussen, so dass sie für die optimale Vertragsgestaltung keine Rolle spielen. Vielmehr wird in der PRT ex post immer die effiziente Entscheidung getroffen. Dies resultiert dem Coase-Theorem folgend aus dem Umstand, dass die Entscheidungen ex post vertraglich geregelt werden können und beide Parteien in den Verhandlungen symmetrische Informationen in den Verhandlungen besitzen.

Residuale Entscheidungsrechte über Assets eignen sich unter anderem dazu, die mit dem Eintreffen unerwarteter Ereignisse verbundenen Risiken zu reduzieren, ohne exakt über die Beschaffenheit des zukünftigen Ereignisses informiert sein zu müssen. Dies ist die Motivation der **Adaptionstheorie**, die ihren Ursprung in dem Beitrag von Simon (1951) hat. Ihr Grundgedanke ist, dass Eigentum an einem Asset das Recht beinhaltet, über die Nutzung dieses Assets zu entscheiden. Das Asset stellt in diesem Zusammenhang also ein Entscheidungsrecht dar und Eigentum bedeutet die Kontrolle über dieses Recht (Gibbons 2005). So kann ein dem Kunden vertraglich zugesichertes Recht den Anbieter in die Pflicht nehmen, Anpassungen am IPS² vorzunehmen. Im Gegensatz zur PRT, in der residuale Entscheidungsrechte beim Verkauf des Assets verloren gehen, ist die Adaptionstheorie in der Lage, innovative Geschäftsmodelle als hybride Organisationsformen zwischen vollständiger Integration und einem einfachen Verkaufsvertrag zu modellieren. Die Adaptionstheorie lässt sich demnach nicht nur auf die Fragestellung 'make-or-buy' anwenden, sondern ordnet sich in einen Literaturstrang ein, dessen Vertragsproblem in dem Transfer von Entscheidungsrechten durch Verträge über Unternehmensgrenzen hinweg besteht (Aghion und Bolton 1992, Aghion, Dewatripont und Rey 2002, Gibbons 2005, Hart und Holmström 2002 und Hart und Moore 2004, 2006). Dabei muss eine ex ante festgelegte Allokation von Entscheidungsrechten nicht unbedingt ex post zu Effizienz führen. Denn die Parteien treffen ihre Entscheidungen in ihrem eigenen Interesse, das nicht immer mit dem Ziel einer Maximierung der gemeinsamen Wertschöpfung in Einklang steht. So müssen zum Beispiel dem Anbieter die richtigen Anreize gegeben werden, das für den Kunden optimale IPS² nicht nur zu entwickeln, sondern es auch zu erbringen und gegebenenfalls an geänderte (Kunden-)Anforderungen anzupassen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich durch eine integrierte Betrachtung der beiden letztgenannten Theorien die Entscheidungsprozesse von IPS² adäquat abbil-

²Ex ante und ex post ist relativ zu der Realisierung von Unsicherheit zu verstehen.

den lassen. Erst eine integrierte Betrachtung wird dem sequentiellen Charakter von Entscheidungen unter Unsicherheit gerecht. Die Dynamik im Entscheidungsproblem besteht im Rahmen von IPS² unter anderem darin, dass zeitliche Interdependenzen zwischen den Entscheidungen der Planungs- und Entwicklungsphase und der Betriebs- und Nutzungsphase bestehen. Die anfängliche Entscheidung hängt damit in erheblichem Maße davon ab, inwieweit die nachfolgende Entscheidung Berücksichtigung findet. Dabei fokussiert dieser Artikel Entscheidungsprozesse, deren Entscheidungen sequentiell von unterschiedlichen Parteien getroffen werden, so dass es zu Verhaltensinterdependenzen kommt. Dadurch wird die gezielte Kooperation von Partnern abgebildet, deren Ziel in der Entwicklung und Erbringung einer optimalen Lösung für den Kunden besteht.

Technologische Innovationen, welche die Struktur eines Produktionssystems verändern, werden jedoch durch vertragstheoretische Ansätze nicht abgebildet (Baldwin 2008). Grund hierfür ist die der Theorie zugrundeliegende Annahme einer statischen Technologie. Produktion wird als Sequenz von zwei Stufen verstanden und der Transfer zwischen diesen Stufen wird als Transaktion beschrieben. Während auf der ersten Stufe strategische Entscheidungen über die Höhe einer Investition zu treffen sind, werden auf der zweiten Stufe operative Entscheidungen getroffen. Die auf der ersten Stufe zu treffende Investitionsentscheidung ist in der Praxis jedoch komplexer, als es die Theorie durch die Entscheidung über die Höhe der Investition abzubilden vermag. Vor diesem Hintergrund erweitern Schmitz und Sliwka (2001) den klassischen Ansatz der PRT um eine Entscheidung über das Ausmaß von Spezifität der zugrunde liegenden Produktionstechnologie. Der Anbieter ist dadurch in der Lage, den Grad an realisierten Synergien in einer langfristigen Geschäftsbeziehung zu beeinflussen.

Das Schaffen von Synergien ist auch in dem vorliegenden Beitrag von Bedeutung, jedoch wird dabei weniger auf Fragestellungen der Spezifität eingegangen, sondern auf die strukturelle Komplexität eines IPS².³ Die Struktur eines IPS² wird während der Entwicklung determiniert. Durch die Wahl der Struktur werden Synergiepotenziale geschaffen, da sie das Zusammenspiel der Teilleistungen des IPS² bestimmt. Die Analyse und das Design komplexer Systeme ist Gegenstand der **Modularisierungstheorie**. Modularisierung beschreibt die Eigenschaft eines Designs, aus vielen unabhängigen Einheiten zu bestehen, die über standardisierte Schnittstellen mitein-

³In der empirischen Studie von Novak und Eppinger (2001) wird ebenfalls auf das Konstrukt der Produktkomplexität und nicht der Spezifität für eine Messung von Transaktionskosten zurückgegriffen. Produktkomplexität ist dabei weder auf das Spezifitätskonzept begrenzt, noch ist sie in der Lage, es vollständig zu fassen. Integrierte und damit komplexe Produktarchitekturen verfügen allerdings häufig über produktspezifische Komponenten. Vgl. dazu Ulrich und Eppinger (1999).

2. Diskussion der einschlägigen Literatur

ander verbunden sind. Die unabhängigen Einheiten eines Systems werden als Module bezeichnet. Ein Modul ist definiert als ein Cluster stark vernetzter Elemente, welche schwach mit den Elementen anderer Module verbunden sind. Da der Grad an Vernetzungen variieren kann, existieren verschiedene Abstufungen von Modularität (Baldwin und Clark 2000). Die Konsequenzen einer Modularisierung für das Management werden in der einschlägigen Literatur aus zwei unterschiedlichen Blickwinkeln diskutiert (Ethiraj und Levinthal 2004):

1. Die erste Forschungsrichtung betrachtet Modularisierung als probates Mittel für ein Management von Komplexität. Durch Modularisierung können die modulinternen Beziehungen und Elemente abgekapselt und vor der Systemumwelt verborgen werden. Es entstehen „Inseln der Komplexität“, die relativ unabhängig voneinander betrachtet werden können.
2. Die zweite Forschungsrichtung, die direkten Bezug zu dem vorliegenden Beitrag aufweist, beschäftigt sich mit Aspekten der Flexibilität modular konzipierter Systeme und der Möglichkeit einer schnellen Innovation bzw. der Anpassung des Systems an ein sich änderndes Umfeld.

Durch die Integration des Modularisierungskonzepts verändert sich der Fokus der Untersuchung von einer Maximierung der Quasirente hin zu einer Maximierung der Optionsrente. Die Quasirente korrespondiert mit dem Einflussfaktor Spezifität und beschreibt den zusätzlichen Wert einer Investition innerhalb der Geschäftsbeziehung gegenüber dem Wert, den dieselbe Investition außerhalb der Geschäftsbeziehung erzielen würde. Die Optionsrente korrespondiert mit dem Einflussfaktor Unsicherheit und beschreibt den zusätzlichen Wert einer Investition, der durch Handlungsflexibilität erzeugt wird. Handlungsflexibilität wird dabei als die Fähigkeit interpretiert, auf unerwartete Ereignisse erfolgsorientiert zu reagieren. Vertragliche Freiräume als Folge von Unsicherheiten werden vor diesem Hintergrund nicht mehr nur als Risiko opportunistischen Verhaltens wahrgenommen. Strategische Optionen durch die Wahl eines geeigneten Designs bieten vielmehr die Möglichkeit, die Unsicherheiten als Chancen zu begreifen und auszunutzen. Der vorliegende Artikel leistet damit auch einen Beitrag zu der Literatur, die Aspekte der Modularitätstheorie und der Vertragstheorie miteinander verbindet, um Fragestellungen der vertikalen Integration zu untersuchen (Anderson et al. 1999, Baiman et al. 2001, Baldwin 2008, Langlois 2002, Marengo und Dosi 2005, Novak und Eppinger 2001).

3 Komplexität im Design von IPS²

In diesem Abschnitt wird zunächst untersucht, welche Anreizwirkungen von verschiedenen Systemarchitekturen auf die Entwicklung von Sach- und Dienstleistungen zur Lösung eines kundenindividuellen Problems ausgehen.

Der durch den Betrieb bzw. die Nutzung eines IPS² geschaffene Wert für den Kunden (bzw. seinen Produktionsprozess) wird bereits durch Designentscheidungen während der Entwicklung beeinflusst. Diese Entscheidungen finden in der Regel unter informatorischer Unsicherheit statt. Neben einem komplexen Entwicklungsprozess, dessen Ausgang per se unsicher ist, begründen für IPS² insbesondere instabile Kundenpräferenzen diese Unsicherheit. Das Design eines IPS² kann vor diesem Hintergrund als Experiment angesehen werden, dessen zukünftige Zahlungsströme mit Risiko behaftet sind.

Als Grundentscheidung zur Handhabung von Unsicherheit in der Entwicklung kann unter anderem die Entscheidung über die Systemarchitektur, d.h. die Entscheidung für ein integriert oder ein modularisiert entwickeltes Design, gesehen werden. Die Struktur des Designs determiniert die Flexibilität, spätere Anpassungen am IPS² vorzunehmen. Damit besitzt eine solche Flexibilität unter Unsicherheit ökonomischen Wert. Baldwin und Clark (2000) wenden in diesem Zusammenhang den Realloptions-Ansatz auf Fragen der Modularisierung an.¹ Sie zeigen, wie sich der ökonomische Wert einer Modularisierung bestimmen lässt und treffen Aussagen über den erfolgsoptimalen Modularisierungsgrad. Ergänzend dazu verbindet dieser Abschnitt Aspekte der Modularisierungstheorie mit Aspekten der Vertragstheorie. Der Abschnitt zeigt, dass unter Berücksichtigung von Anreizgesichtspunkten eine Modularisierungsstrategie nicht immer vorteilhaft sein muss. Die Analyse basiert auf der Idee des vertragstheoretischen Modells von Rotemberg und Saloner (1994), die mögliche Nachteile von Synergieeffekten zwei verschiedener Geschäftsbereiche eines Unternehmens aufzeigen.

¹Eine Schlüsselerkenntnis des Real-Options-Ansatzes ist, dass eine höhere Unsicherheit über zukünftige Zahlungsströme einer Investition den Wert von Handlungsflexibilität erhöht.

3.1 Modellformulierung

Betrachtet wird eine Geschäftsbeziehung zwischen einem Anbieterunternehmen und einem Kunden über die Entwicklung und den Betrieb eines IPS². Wie Abb. 3.1 zu entnehmen ist, erstreckt sich die Geschäftsbeziehung über zwei Perioden. In der ersten Periode plant und entwickelt der Anbieter die Sach- (z.B. Flugzeugtriebwerk, Spindel,...) und Dienstleistungsanteile (z.B. Wartung/Instandhaltung, Schulung/Ausbildung, Teleservice, ...). In der zweiten Periode wird das IPS² genutzt und betrieben.

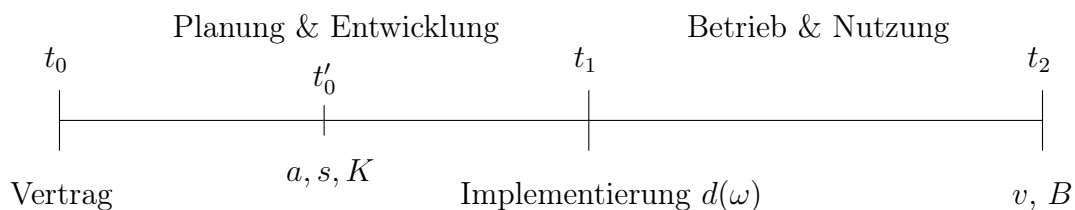


Abbildung 3.1: Zeitliche Abfolge bei struktureller Komplexität

Zu Beginn der Planung wird zum Zeitpunkt t_0 ein langfristiger Vertrag geschlossen, der die Basiseigenschaften des IPS² spezifiziert. Es wird unterstellt, dass diese „Basislösung“ für den Kunden einen potentiellen Wert S_0 besitzt, welcher als konstant angenommen wird.² Die Basislösung erfordert Investitionen in ihre Entwicklung, die verifizierbar seien, damit durch Dritte überprüft werden können und vertraglich regelbar sind. Darüber hinaus kann der Anbieter verschiedene Aktionen in der Entwicklungsphase durchführen, die den Wertbeitrag des IPS² durch eine innovative Problemlösung erhöhen können. Diese Freiheitsgrade der Entwicklungstätigkeit resultieren aus dem Umstand, dass zum Vertragszeitpunkt (ex ante) die exakte Beschaffenheit des IPS² nicht gänzlich festgelegt werden kann, sondern sich naturgemäß erst aus der Entwicklungstätigkeit ergibt. Bei der Entwicklung des IPS² handelt es sich damit um einen unvollständigen Vertrag.³ Im Folgenden werden zwei Aktionen des Anbieters, über die er zum Zeitpunkt t'_0 zu entscheiden hat, näher betrachtet.

- Zum einen kann der Anbieter durch die Wahl des **Anstrengungsniveaus** $a \in \{\underline{a}, \bar{a}\}$ seiner Entwicklungsbemühungen die Wahrscheinlichkeit, eine ver-

²Die Notation kann einem Symbolverzeichnis am Ende des Artikels entnommen werden.

³So wird z.B. zu Beginn der Planung in einem Lastenheft von Kunde und Anbieter spezifiziert, was und wofür etwas gemacht wird. Diese Anforderungs- bzw. Kundenspezifikationen sind sehr allgemein formuliert, um den Anbieter nicht in seinen Kompetenzen einzuschränken und die optimale Entwicklung einer Problemlösung zu ermöglichen. Die Dokumentation dessen, wie und womit etwas realisiert werden soll, erfolgt erst in der nächsten Phase durch das Pflichtenheft.

besserte Problemlösung gegenüber dem vertraglich geregelten Status quo zu erzielen, beeinflussen. Wählt der Anbieter ein niedriges Anstrengungsniveau, $\underline{a} \geq 0$, kann er niemals eine verbesserte Lösung entwickeln, sondern lediglich die im Vertrag spezifizierte Basislösung erzielen. Bei Wahl des hohen Anstrengungsniveaus, $\bar{a} > \underline{a}$, ist die Entwicklung einer qualitativ verbesserten Lösung mit positiver Wahrscheinlichkeit erfolgreich. Allerdings entstehen dem Anbieter dann Investitionskosten in Höhe von $K > 0$, die bei Wahl des niedrigen Anstrengungsniveaus entfallen.

- Die Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Entwicklung einer innovativen Problemlösung hängt zudem von der in der Konzeptphase zu treffenden **Entscheidung über die Systemarchitektur**, $s \in \{s_{int}, s_{mod}\}$, ab. Um die Analyse einfach zu halten, wird angenommen, dass das Konzept entweder einen integrierten, s_{int} , oder einen modularisierten, s_{mod} , Designprozess vorsieht. Partielle Modularisierung wird ausgeschlossen.

Im Gegensatz zu einem integrierten Design wird durch ein modularisiertes Design die Anzahl der Optionen einer Ausgestaltung des IPS² erhöht (Baldwin und Clark 2000). Ein integriertes Design verfügt nur über eine Option, die Substitution des gesamten Systems durch eine verbesserte Lösung. Ein modularisiertes Design erzeugt hingegen zumindest so viele Optionen, wie Module existieren. Darüber hinaus sind grundsätzlich Kombinationen der verschiedenen Module möglich. Außerdem dezentralisiert eine Modularisierung die Optionen in dem Sinne, dass sie von der Systemebene auf die Modulebene verlagert werden. Dieser Gedanke wird nachfolgend in der Verteilung des potentiellen Wertbeitrags für die beiden alternativen Systemarchitekturen wie folgt berücksichtigt:

- *Integriertes Design* (s_{int}): Die Wahl eines hohen Anstrengungsniveaus führt mit einer Wahrscheinlichkeit von p zu einer verbesserten Lösung. Der zusätzliche Wert, der durch die verbesserte Variante gegenüber dem Status Quo geschaffen wird, sei $G \geq 0$. Mit der Gegenwahrscheinlichkeit $1 - p$ bleibt die Entwicklung einer verbesserten Variante erfolglos und der potentielle Wertbeitrag beträgt weiterhin S_0 . Für die Verteilung der Wertsteigerung v einer innovativen Lösung gegenüber dem Status quo S_0 gilt sodann

$$v = \begin{cases} G & \text{mit Wahrscheinlichkeit } p; \\ 0 & \text{mit Wahrscheinlichkeit } 1 - p. \end{cases}$$

Damit sich der mit dem hohen Anstrengungsniveau verbundene Arbeitseinsatz für die Geschäftsbeziehung lohnt, muss der erwartete Wertbeitrag des IPS² für den (Produktionsprozess des) Kunden über den entstandenen Kosten beim

Anbieter liegen.⁴ Um diese **soziale Effizienz** des hohen Anstrengungsniveaus zu garantieren, gilt

$$K \leq p \cdot G. \quad (3.1)$$

- *Modularisiertes Design* (s_{mod}): Aus den oben beschriebenen Gründen erzeugt ein modularisiertes Design mehrere mögliche Ergebnisse der Entwicklung. Dabei wird die Analyse auf zwei Alternativen begrenzt. Die erste Lösung kommt zu dem selben Ergebnis wie die mit einem integrierten Design, d.h. sie erzeugt einen zusätzlichen Wert G , nur mit der Wahrscheinlichkeit p' statt p . Alternativ kann mit der Wahrscheinlichkeit p'' eine Lösung erreicht werden, die für den Kunden einen mittleren Wert $(G - z) > 0$ besitzt. Die Verteilung des zusätzlichen Werts v einer innovativen Lösung bei einem modularisierten Design stellt sich wie folgt dar:

$$v = \begin{cases} G & \text{mit Wahrscheinlichkeit } p'; \\ (G - z) & \text{mit Wahrscheinlichkeit } p''; \\ 0 & \text{mit Wahrscheinlichkeit } 1 - p' - p''. \end{cases}$$

Um erneut soziale Effizienz zu gewährleisten, wird analog zu Gleichung (3.1) angenommen, dass

$$\begin{aligned} K &\leq p' \cdot G + p''(G - z) \\ \Leftrightarrow G &\geq \frac{K}{p' + p''} + \frac{p'}{p' + p''}z \end{aligned} \quad (3.2)$$

gilt. Außerdem sei $0 < z < G$ und der ex ante erwartete Wertbeitrag für die beiden alternativen Systemarchitekturen identisch, d.h.

$$p' \cdot G + p''(G - z) = p \cdot G. \quad (3.3)$$

Der Unterschied zwischen den beiden Systemarchitekturen lässt sich folgendermaßen zusammenfassen. Durch die Wahl einer integrierten Architektur erhält man die Chance auf einen „Jackpot“, den man entweder mit positiver Wahrscheinlichkeit gewinnt oder leer ausgeht. Bei Wahl einer modularisierten Architektur ist entsprechend Gleichung (3.3) die Wahrscheinlichkeit, den „Hauptgewinn“ zu erzielen, geringer, so

⁴Von direkten Kosten einer Entscheidung über die Leistungsbündelarchitektur wird abstrahiert, da der Fokus der Analyse auf Anreizaspekten liegt. Außerdem lassen sich nur schwer generelle Aussagen darüber treffen, ob die Entwicklung einer modularisierten oder integrierten Architektur kostengünstiger ist. Vgl. stellvertretend Ulrich (1995) für die Literatur zum Produktdesign, die sich unter anderem mit solchen Kostenfragen beschäftigt.

dass dieser im Erwartungswert nicht das Niveau des integrierten Designs erreicht. Dafür besteht jedoch zusätzlich die Möglichkeit, mit positiver Wahrscheinlichkeit ($p'' > 0$) einen moderaten Gewinn zu erzielen. Der Entscheidungssituation liegt damit implizit ein „risk-return-trade-off“ zugrunde, wie er in der Literatur zur Projektauswahl angenommen wird.⁵ Aktionen, die zu einem höheren Ergebnis führen, implizieren demnach zugleich ein erhöhtes Risiko des Projektergebnisses.

Der Anbieter erhält für die Planung und Entwicklung der Basislösung einen ex ante verhandelten und vertraglich festgeschriebenen Preis P_0 . Da für den Anbieter außerdem Risikoneutralität unterstellt wird, spielen Risikoaspekte keine Rolle bei seiner Entscheidungsfindung. Analog der Prinzipal-Agenten- und Property-Rights-Theorie ist die ex ante Aktion nicht beobachtbar bzw. verifizierbar, so dass keine Verträge existieren, die dem Anbieter für seine zusätzlich entstandenen Kosten K eine Entschädigung garantieren. Durchsetzbar sind statt dessen Verträge, die dem Anbieter zusätzlich eine Bonuszahlung B in Aussicht stellen, falls die innovative Lösung für den Betrieb und die Nutzung des IPS² eingesetzt wird. Dabei wird angenommen, dass der Kunde zum Zeitpunkt t_1 die Entscheidung über den Einsatz der innovativen Lösung zu treffen hat.⁶ Die Entscheidungsregel des Kunden wird durch die zweiwertige Funktion $d(\omega)$ beschrieben. Dabei gilt

$$d(\omega) = \begin{cases} 0, & \text{falls } \omega = v - B < 0; \\ 1, & \text{falls } \omega = v - B \geq 0. \end{cases}$$

Für $d(\omega) = 0$ schreibt die Entscheidungsregel eine Implementierung der Basislösung vor, für $d(\omega) = 1$ hingegen die Implementierung der innovativen Lösung. Der Kunde trifft demgemäß seine Entscheidung auf Basis der Differenz einer Steigerung des Wertbeitrags v und der entsprechenden Anreizzahlung B an den Anbieter für ein hohes Anstrengungsniveau \bar{a} . Vorausgesetzt wird dabei, dass die Entwicklung erfolgreich war, wenn der Kunde sich ex post für die Implementierung einer innovativen Lösung entscheidet.

Die Anreize für den Anbieter, ein hohes Anstrengungsniveau zu wählen, sind damit von dem antizipierten Verhalten des Kunden abhängig. Somit entsteht ein zweiseitiges Anreizproblem:

⁵Vgl. stellvertretend für diesen Literaturstrang Hirshleifer und Suh (1992) sowie Demski und Dye (1999).

⁶Es wird damit implizit vorausgesetzt, dass die verschiedenen Lösungen ex post für den Kunden beobachtbar sind. Dies lässt sich z.B. durch die Existenz des Pflichtenhefts begründen, welche die Realisierungsvorgaben des Kunden zur Lösung der Anforderungen des Auftraggebers beinhaltet. Ergänzend werden im Produktmodell alle während des Entwicklungsprozesses entstandenen produktdefinierenden Informationen abgebildet.

- Zum einen befürchtet der Anbieter, für sein zusätzliches Anstrengungsniveau nicht entsprechend entlohnt zu werden.
- Zum anderen hat der Kunde Bedenken, dass er aufgrund der ex ante unzureichenden Beschreibungsmöglichkeiten des IPS² eine Problemlösung von niedrigem Wert (S_0) erhält.

Der nächste Unterabschnitt zeigt, dass es im Falle einer modularisierten Leistungsbündelarchitektur schwieriger ist, den Anbieter zu einem hohen Anstrengungsniveau zu motivieren. Darauf aufbauend wird herausgearbeitet, unter welchen Bedingungen auf Basis der Entscheidungsregel $d(\omega)$ die Wahl einer integrierten Systemarchitektur der einer modularisierten Architektur vorzuziehen ist.

3.2 Modellanalyse

Aufbauend auf dem im vorherigen Unterabschnitt beschriebenen Szenario werden zu Beginn dieses Unterabschnitts die Anreize für ein integriertes Design eines IPS² analysiert. Anschließend wird der Anreizmechanismus für ein modularisiertes Design untersucht. Der Abschnitt schließt mit einem Vergleich beider Systemarchitekturen.

3.2.1 Integriertes Design

Zunächst wird die Referenzlösung des First-Best betrachtet. In diesem Fall kann das IPS² vollständig in Kombination mit einer Kompensationszahlung P_0 im Vertrag spezifiziert werden. Unter Berücksichtigung der Bedingung (3.1) beträgt der Preis $P_0 \geq K$, so dass der Anbieter sein hohes Anstrengungsniveau wählt. Auf der anderen Seite wird der Kunde immer die innovative Lösung implementieren, wenn die Entwicklung erfolgreich war. Ohne die Ergebnisse der Analyse zu verändern, wird im Folgenden der Preis für die Basislösung als Null angenommen, so dass für $P_0 = K$ die Wertschöpfung beim Kunden $S_0 + p \cdot G - K$ beträgt.⁷

Wie eingangs in der Modellformulierung des vorherigen Unterabschnitts diskutiert, ist das IPS² jedoch ex ante zum Vertragszeitpunkt nur unvollständig spezifizierbar. Die folgende Proposition 1 beschreibt, dass trotzdem ein Erreichen der First-Best-Lösung möglich ist.

⁷Ein Preis auf Höhe der Kosten des Anbieters kann durch Wettbewerb ex ante begründet werden. Bei Gleichheit von Preis und Kosten wird daher im Folgenden unterstellt, dass der Anbieter ein hohes Anstrengungsniveau wählt.

Proposition 1: *Bei Wahl einer integrierten Systemarchitektur kann die First-Best-Lösung erreicht werden, indem die Bonuszahlung auf $B \geq K/p$ festgeschrieben wird.*

Beweis: Bei einer erfolgreichen Entwicklung wird durch die Implementierung der innovativen Problemlösung innerhalb der Geschäftsbeziehung netto, d.h. abzüglich der Kosten des Anbieters, ein zusätzlicher Wert in Höhe von $p \cdot g - K$ geschaffen. Bedingung (3.1) gewährleistet dabei, dass dieser Wert positiv ist und sich die Implementierung einer innovativen Lösung für die Geschäftsbeziehung lohnt. Die Zielfunktion ω , anhand welcher der Kunde ex post seine Entscheidung $d(\omega)$ trifft, lautet für $B = K/p$ dann $\omega = G - K/p \geq 0$, so dass $d(\omega) = 1$. Dieser Fall trifft aus ex ante-Sicht mit der Wahrscheinlichkeit p ein, so dass für den erwarteten Wertbeitrag des Kunden $S_0 + p(G - K/p) = S_0 + p \cdot G - K \geq 0$ gilt. Dies entspricht der First-Best-Lösung, in welcher der Anbieter durch einen vertraglich festgeschriebenen Preis entsprechend seinen Kosten des hohen Anstrengungsniveaus kompensiert wird. Mit der Erwartung, dass für $\omega \geq 0$ der Kunde die innovative Lösung bei erfolgreicher Entwicklung immer implementiert, ergibt sich für den Anbieter bei Wahl des hohen Anstrengungsniveaus ein erwarteter monetärer Nutzen in Höhe von $p \cdot B = p(K/p) = K$. Der Anbieter ist folglich indifferent zwischen der Wahl eines hohen und eines niedrigen Anstrengungsniveaus. Da der Anbieter sich nicht schlechter, der Kunde sich in diesem Fall aber besser stellt, wird davon ausgegangen, dass der Anbieter sich im Sinne der Partnerschaft für das hohe Anstrengungsniveau entscheidet. \square

3.2.2 Modularisiertes Design

Bei Wahl des modularisierten Designs ist es unter Umständen nicht mehr möglich, den Anbieter zu einem hohen Anstrengungsniveau zu bewegen. Dies ist von den folgenden Bedingungen abhängig, welche durch Proposition 2 begründet werden:

$$g \geq \frac{K}{p' + p''} + z \quad (3.4)$$

und

$$g \geq \frac{K}{p'}. \quad (3.5)$$

Proposition 2: *Es sind drei Fälle zu unterscheiden:*

- a) *Falls Restriktion (3.4) gilt, wählt der Anbieter bei Festlegung einer geeigneten Bonuszahlung immer das hohe Anstrengungsniveau.*
- b) *Ist Bedingung (3.4) verletzt, Bedingung (3.5) besitzt jedoch Gültigkeit, ist das*

3. Komplexität im Design von IPS²

vom Anbieter gewählte Anstrengungsniveau zwar hoch, die Innovation wird allerdings nur implementiert, wenn ihr Wertbeitrag G ist. Da der Kunde die Innovation auch *ex post* implementieren sollte, wenn sie lediglich einen mittleren Wert in Höhe von $(G - z)$ aufweist, wird dieses Ergebnis als **ex post ineffizient** bezeichnet.

- c) Falls weder die Bedingung (3.4) noch (3.5) gilt, kann der Anbieter niemals motiviert werden, eine hohe Anstrengung auszuüben. Da das *ex ante* Anstrengungsniveau des Anbieters gegenüber dem First-Best verzerrt ist, wird dieser Fall als **ex ante ineffizient** bezeichnet.

Beweis: Die Beweisführung wird aus Darstellungsgründen im umgekehrter Reihenfolge der drei Fälle durchgeführt.

Für den **Fall c)** existiert keine Bonuszahlung B , die einen Anreiz für den Anbieter darstellt und gleichzeitig eine Implementierung des innovativen Lösung gewährleistet:

- Für $B > G$ stellt sich der Kunde grundsätzlich schlechter, da $\omega = G - B < 0$. Damit entscheidet sich der Kunde immer gegen die Implementierung einer innovativen Lösung, d.h. $d(\omega) = 0$. Der Anbieter wird das Verhalten des Kunden antizipieren und ein niedriges Anstrengungsniveau wählen.
- Nimmt die Bonuszahlung Werte zwischen $G > B \geq (G - z)$ an, wird auch in diesem Fall der Kunde die innovative Lösung mit dem mittleren Wertbeitrag nicht implementieren wollen ($d(\omega) = 0$), da die Anreizzahlung immer noch zu hoch ist, d.h. $\omega = (G - z) - B < 0$. Ist die Entwicklung einer hochwertigen Lösung erfolgreich, wird der Kunde diese hingegen implementieren ($d(\omega) = 1$), da $\omega = G - B > 0$ gilt. Die Aussicht auf eine Bonuszahlung für den Anbieter reduziert sich damit auf die Wahrscheinlichkeit einer Implementierung der hochwertigen Lösung p' , so dass er maximal $p'G$ zu erwarten hat. Dies ist jedoch gemäß Bedingung (3.5) weniger als die Investitionskosten K , die ihm bei hoher Anstrengung entstehen. Als Konsequenz wird der Anbieter ein niedriges Anstrengungsniveau wählen.
- Gilt für die Bonuszahlung $B \leq (G - z)$, wird der Kunde eine innovative Lösung in jedem Fall implementieren, da sowohl $\omega = G - B > 0$ als auch $\omega = (G - z) - B > 0$ gilt. Der Anbieter hat dann *ex ante* maximal eine Kompensation in Höhe von $(p' + p'')(G - z)$ zu erwarten, die nicht seine Kosten deckt, solange Bedingung (3.4) verletzt ist. Da dies hier annahmegemäß der Fall ist, wird der Anbieter ein niedriges Anstrengungsniveau wählen.

Im zweiten **Fall b)** ist es aus den eben genannten Gründen immer noch unmöglich, dem Anbieter Anreize zu geben, wenn die Zahlung maximal $(G - z)$ beträgt. Allerdings können nun Anreize für $B > (G - z)$ erzeugt werden, da Bedingung (3.5) nun Gültigkeit besitzt. In diesem Fall hat der Kunde zwar keinen Anreiz, eine innovative Lösung mit einem mittleren Wertbeitrag in Höhe von $(G - z)$ zu implementieren, da $\omega = (G - z) - B < 0$ und damit $d(\omega) = 0$ gilt. Allerdings wird er sich nach wie vor für die Installation eine hochwertigen Lösung entscheiden, wenn $\omega = G - B > 0$. Da der Anbieter dann mit Wahrscheinlichkeit p' Aussicht auf eine Bonuszahlung hat, wird er für $B = K/p' > (G - z)$ ein hohes Anstrengungsniveau wählen. Sein erwarteter Erlös $p' \cdot K/p'$ entspricht in diesem Fall seinen Kosten K , so dass er annahmegemäß das hohe Anstrengungsniveau wählt. Da der Kunde die innovative Lösung mittlerer Qualität ex post nicht implementieren wird, obwohl sie für die Geschäftsbeziehung einen positiven Wertbeitrag v aufweist, kann das First-best nicht erreicht werden.

Wenn weder Bedingung (3.4) noch Bedingung (3.5) verletzt ist (**Fall a)**, können dem Anbieter Anreize mit einer Bonuszahlung in Höhe von $B \geq K/(p' + p'')$ gesetzt werden. Gleichzeitig besitzt der Kunde Anreize, die innovative Lösung bei Erfolg immer zu implementieren. Aus Bedingungen (3.4) und (3.5) folgt, dass $\omega = G - B \geq 0$, so dass $d(\omega) = 1$. In diesem Fall wird das First-Best also erreicht. \square

3.2.3 Vergleich von integriertem und modularisiertem Design

Um die Vorziehenswürdigkeit einer Systemarchitektur aus Sicht von Anbieter und Kunde zu analysieren, muss der erzeugte Wertbeitrag beim Kunden v abzüglich der Kosten des Anbieters K für die verschiedenen Bedingungen der Propositionen 1 und 2 miteinander verglichen werden.

Abbildung 3.2 zeigt die in Proposition 2 beschriebenen ex ante und ex post Ineffizienzen. Die für die Effizienz notwendigen Bedingungen (3.4) und (3.5) sind für den Fall, dass sie bindend sind, in der Abbildung abgetragen. Der grau unterlegte Bereich oberhalb der beiden Restriktionen kennzeichnet das First-Best für eine modularisierte Systemarchitektur. Unterhalb der beiden Restriktionen befindet sich der ineffiziente Bereich. Dabei wird der ex post und der ex ante ineffiziente Bereich durch Bedingung (3.2) eingegrenzt, welche die soziale Effizienz des hohen Arbeitseinsatzes gewährleistet. In dem horizontal schraffierten Bereich unterhalb Bedingung (3.4), aber oberhalb der Bedingungen (3.5) und (3.2) befinden sich ex post ineffiziente Lösungen. Für diesen Bereich wählt der Anbieter zwar ein hohes Anstrengungsniveau, aufgrund einer hohen erforderlichen Anreizzahlung wird der Kunde jedoch nicht die innovative Lösung mit dem mittleren Wert implementieren. Der vertikal schraffierte Bereich unterhalb den Bedingungen (3.4) und (3.5) sowie oberhalb der

Bedingung (3.2) bildet hingegen ex ante Ineffizienz ab. In diesem Bereich wählt der Anbieter ein niedriges Anstrengungsniveau, obwohl die Wahl eines hohen Anstrengungsniveaus sozial effizient wäre. Die mit (3.1) gekennzeichnete Gerade ergibt sich aus der notwendigen Bedingung, die das hohe Anstrengungsniveau des Anbieters bei einer integrierten Systemarchitektur sicherstellt. Oberhalb der Geraden wählt der Anbieter das hohe Anstrengungsniveau und die innovative Lösung wird implementiert, vorausgesetzt die Entwicklung war erfolgreich. Unterhalb der Geraden kann der Anbieter nicht zu der Wahl eines hohen Anstrengungsniveaus motiviert werden.

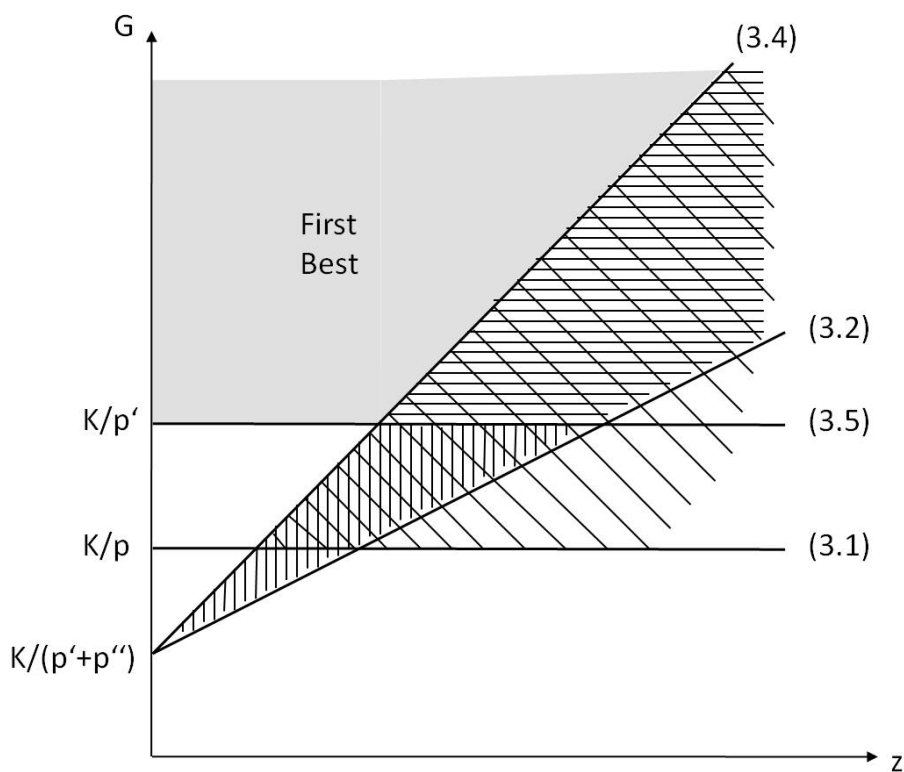


Abbildung 3.2: Ex post und ex ante Ineffizienzen

Proposition 3: *Es existieren Bedingungen, für welche die integrierte der modularisierten Leistungsbündelarchitektur vorzuziehen ist.*

Beweis: Sind sowohl Bedingung (3.4) als auch Gleichung (3.5) verletzt, kann der Anbieter bei modularisierter Systemarchitektur nicht zu einem hohen Anstrengungsniveau motiviert werden. Es wird dann die Basislösung implementiert und ein Wert-

beitrag S_0 erzeugt. Mit einer integrierten Lösung ließe sich hingegen ein potentieller Wertbeitrag von $S_0 + p \cdot g - K$ erzeugen, solange

$$\begin{aligned} S_0 &\leq S_0 + p \cdot g - K \\ \Leftrightarrow K/p &\leq g. \end{aligned}$$

Dies ist laut Gleichung (3.1) immer der Fall. Wenn gleichzeitig Bedingung (3.5) verletzt ist ($g \leq K/p'$), dominiert die integrierte Systemarchitektur für $K/p < g < K/p'$ die modularisierte Systemarchitektur. Gleichung (3.3) gewährleistet dabei, dass $p' < p$, so dass $K/p' > K/p$.

Besitzt Bedingung (3.5) Gültigkeit, Bedingung (3.4) ist jedoch verletzt (ex post ineffizienter Bereich), ist die integrierte der modularisierten Systemarchitektur strikt vorzuziehen, wenn

$$\begin{aligned} S_0 + p \cdot g - K &> S_0 + p' \cdot g - K \\ \Leftrightarrow (p - p') &> 0. \end{aligned}$$

Dies ist gemäß Gleichung (3.3) immer der Fall. □

Insgesamt lässt sich damit festhalten, dass der integrierte Designprozess sogar dann dominant ist, wenn die Modularisierungsstrategie ex post zu einem positiven Wertbeitrag v abzüglich der Kosten des Anbieters K führt, d.h. aus Sicht der Geschäftsbeziehung effizient ist. Der dominante Bereich, in dem die integrierte der modularisierten Systemarchitektur vorzuziehen ist, wird in Abbildung 3.2 durch die schräg schraffierte Fläche gekennzeichnet.

3.3 Abschließende Bemerkungen

Der Abschnitt hat gezeigt, dass die verschiedenen Leistungsbündelarchitekturen unterschiedliche Anreize für das Anstrengungsniveau bei der Entwicklung eines IPS² entfalten. Interessant ist dabei zunächst, dass es mit einem Anstieg der Anzahl von Designoptionen schwieriger wird, den Anbieter zu einem hohen Anstrengungsniveau zu motivieren.

Das Anreizproblem entsteht dabei grundsätzlich aus dem Umstand, dass annahm gemäß der potentielle Wertbeitrag einer innovativen Lösung nicht vertraglich durchgesetzt werden kann, so dass Anreize über einen indirekten Mechanismus bereitgestellt werden müssen. Dieser Mechanismus besteht in einer Kopplung der Entlohnung

des Anbieters an die Entscheidung des Kunden, eine innovative Lösung zu implementieren oder nicht. Entgegen dem Anreizmechanismus der Prinzipal-Agenten-Theorie, welche die Kompensation des Anbieters von dem Leistungsergebnis abhängig macht, ist sie hier durch die ex post-Entscheidung des Kunden determiniert. Entsprechend den Ausführungen des vorherigen Abschnitts betrachtet das Modell ein sequentielles Entscheidungsproblem, bei dem die Kooperationspartner zu unterschiedlichen Zeitpunkten interdependente Entscheidungen treffen müssen. Inwiefern ein solcher Mechanismus Anreize erzeugt, hängt damit entscheidend von dem Verständnis des Anbieters darüber ab, wie der Kunde seine Entscheidung treffen wird bzw. von welcher Einflussgröße die Entscheidung des Kunden abhängt.

Das Anreizproblem des Anbieters resultiert aus den verzerrten Anreizen, die der Kunde bei seiner Entscheidungsfindung wahrnimmt. Denn dieser macht die Entscheidung, ein innovatives Design zu implementieren, nicht von dem potenziellen Wertbeitrag v abhängig. Vielmehr stellt die Differenz aus Wertbeitrag v und Anreizzahlung B die Entscheidungsgrundlage ($d(\omega)$) dar. Es sind nun Situationen denkbar, in denen eine innovative Problemlösung ex post effizient ist, d.h. der potenzielle Wertbeitrag v die Kosten K übersteigt, aber aufgrund der verzerrten Entscheidungsfindung beim Kunden nicht implementiert wird. Wie in Proposition 2 beschrieben, besteht die Ursache für eine derartige Fehlallokation in dem folgenden Umstand: Eine niedrige Bonuszahlung B ist nicht ausreichend, um Anreize beim Anbieter zu schaffen. Eine Erhöhung der Bonuszahlung führt hingegen dazu, dass der Kunde die innovative Lösung in weniger Umweltzuständen implementiert. Daraus folgt, dass der Anbieter seine Anreizzahlung für die Entwicklung einer innovativen Lösung mit geringerer Wahrscheinlichkeit erwartet. Zwar ist die Bonuszahlung hoch, ihr Erwartungswert ist allerdings zu gering, um Anreize zu erzeugen.

Nicht minder interessant ist das Ergebnis, dass aufgrund des Anreizproblems die integrierte der modularisierten Systemarchitektur vorzuziehen ist. Während eine modularisierte Produktentwicklung für den anonymen Markt noch Erfolg verspricht (Baldwin und Clark 2000), erscheint die Modularisierungsstrategie für die Entwicklung eines IPS², in der der Kunde aktiv eingreift und es zu Anreizproblemen kommt, nicht immer vorteilhaft. Voraussetzung für das Ergebnis ist, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Problemlösung mittleren Wertes ($G - z$) bei Wahl der modularisierten Designarchitektur steigt ($p'' > 0$) und gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit für eine hochwertige Lösung gegenüber der integrierten Designarchitektur sinkt ($p' < p$).

Der Abschnitt hat gezeigt, dass Verhaltensinterdependenzen nicht nur die (organisationale) Gestaltung einer langfristigen Geschäftsbeziehung beeinflussen, sondern

auch die strukturelle Gestaltung des (hybriden) Produktes.⁸ Eine Kundenintegration in die Entwicklung von IPS² und eine technische Integration der einzelnen Teilleistungen von IPS² sind in diesem Zusammenhang als Komplemente zu verstehen.

In Bajari und Tadelis (2001) besteht die Rolle des Kunden in einer Beschreibung des vom Anbieter durchzuführenden Projektes. Dabei werden die Kosten der Spezifikation durch die Projektkomplexität beeinflusst, welche als exogen gegeben angenommen wird. Das Dilemma der Vertragsgestaltung für den Kunden besteht nun in der gleichzeitigen Realisierung von Flexibilitätspotenzialen zur Anpassung an Umweltveränderungen und vertraglichem Commitment, das Anreize beim Anbieter für die Projektdurchführung schafft. Im Gegensatz dazu geht dieser Abschnitt implizit davon aus, dass das einmal implementierte initiale IPS² bis zum Ende der Vertragslaufzeit betrieben wird. Unter Berücksichtigung dynamischer Komplexität kann jedoch ein modularisiertes IPS², das schnell und kostengünstig angepasst werden kann, von Vorteil sein. Analog dem Modell von Bajari und Tadelis (2001) besteht dann der trade-off zwischen der Bereitstellung eines leistungsstarken initialen IPS² und einem wandlungsfähigen IPS², das kostengünstige und schnelle Anpassungen erlaubt. Das Problem verlagert sich damit mehr auf die dynamische Komponente von Komplexität, welche Gegenstand des folgenden Abschnitts ist.

⁸Hart und Moore (1990) argumentieren, dass das Eigentum an hoch komplementären Assets nicht geteilt werden sollte, um die Anzahl potenzieller Hold-ups zu reduzieren.

4 Komplexität der Leistungserbringung

Dieser Abschnitt ergänzt das Szenario aus Abschnitt 3 um dynamische Komplexitätsaspekte der Leistungserbringung. Die zeitliche Dynamik spiegelt die Anpassungsfähigkeit der Leistungsvereinbarung an veränderte bzw. sich ändernde Anforderungen wider, nachdem das initiale IPS² implementiert wurde. Dabei wird die Wahl des Designs nicht wie noch im vorherigen Abschnitt durch das Modell erklärt, sondern als gegeben angenommen. Der Fokus der Analyse liegt statt dessen auf dem Entscheidungsprozess der Anpassung eines bereits implementierten und betriebenen IPS². Besonderes Augenmerk liegt dabei auf einer Gestaltung der Steuerungsstruktur des IPS² im Sinne einer Allokation von Entscheidungs- und Kontrollrechten über die Anpassung des Systems. Die Gestaltung der Steuerungsstruktur muss nicht nur die Auswirkungen einer Anpassung berücksichtigen, sondern auch ihre Anreizwirkung auf das Anstrengungsniveau in der Entwicklung beachten. Der Analyse liegt die stochastische Modellstruktur von Dewatripont und Tirole (1994) zu Grunde, welche entsprechend den Ausführungen des Abschnitts 2 als integrierter Ansatz von PRT und Adaptionstheorie interpretiert werden kann.

4.1 Modellformulierung

Die Modellstruktur baut auf der des vorherigen Abschnitts auf. Demnach verfügt das Modell wiederum über zwei Perioden, die Planungs- und Entwicklungsphase sowie die Erbringungs- und Nutzungsphase. Während der ersten Periode muss vom Anbieter weiterhin das Anstrengungsniveau der Entwicklungsphase $a \in \{\underline{a}, \bar{a}\}$ zum Zeitpunkt t'_0 gewählt werden, wobei $\underline{a} < \bar{a}$ gilt. Analog zum vorherigen Abschnitt wird unterstellt, dass das hohe Anstrengungsniveau sozial effizient ist und dem Anbieter Investitionskosten in Höhe von $K > 0$ verursacht. Das niedrige Anstrengungsniveau bleibt kostenlos.

Im letzten Abschnitt wurde gezeigt, inwiefern strukturelle Komplexität im Design unterschiedliche Anreize, ein hohes Anstrengungs- bzw. Investitionsniveau zu unternehmen, induzieren kann. In diesem Abschnitt wird das Problem dahingehend erweitert, dass nun zusätzlich die Leistungserbringung durch Unsicherheit gekennzeichnet ist. Das Umfeld der Geschäftsbeziehung kann sich nun verändern, nachdem das initiale IPS² implementiert wurde, und den zukünftigen Beitrag des IPS² zur

Wertschöpfung des Kunden beeinflussen. Vor diesem Hintergrund wird der Wertbeitrag v des IPS² über den gesamten Lebenszyklus in zwei Größen aufgeteilt, die sich zu den unterschiedlichen Zeitpunkten t_1 und t_2 realisieren. Dieses Vorgehen ermöglicht es, die zeitliche Dynamik der Leistungserbringung des IPS² abzubilden. Für den gesamten Wertbeitrag gilt dann

$$v = v_1 + v_2, \tag{4.1}$$

wobei v_1 und v_2 die Wertbeiträge des IPS² darstellen. Während v_1 den Wertbeitrag des initialen IPS² beschreibt und sich zum Zeitpunkt t_1 realisiert und verifizierbar ist, stellt v_2 zu diesem Zeitpunkt noch eine Zufallsvariable dar, deren Wert sich erst im Verlauf der weiteren Erbringung in t_2 realisiert.

Neben der Realisierung des Wertbeitrags v_1 erhalten Anbieter und Kunde zum Zeitpunkt t_1 noch ein weiteres Signal $\sigma \in [\underline{\sigma}, \bar{\sigma}]$. Das Signal σ stellt gebündelte Informationen von Werttreibern zur Bestimmung der Zweckmäßigkeit eines IPS² dar und dient der Prognose des zukünftigen Wertbeitrags v_2 . Neben technologischen Restriktionen und dem Angebotsportfolio des Anbieters wird der Lösungsraum eines IPS² insbesondere durch Werttreiber beim Kunden beeinflusst (Rese et al. 2009). Diese können sich zum einen auf das gesamte Unternehmen beziehen (Know-How des Kunden, Anzahl an Mitarbeitern und Ressourcen...) oder konkret auf die für IPS² relevanten Prozesse beim Kunden (Komplexität und Bedeutung der einzelnen Prozesse). In Abhängigkeit von diesen Treibern präferiert der Kunde bestimmte Lösungen, die sich z.B. durch ein make-or-buy oder manuelle und automatische Prozessdurchführung abgrenzen lassen. Im Laufe des Lebenszyklus können sich die Werttreiber und mithin die Zweckmäßigkeit eines gegebenen IPS² aufgrund sich ändernder Umweltbedingungen (Gesetzesänderungen, technologische Veränderungen...) oder aufgrund von Umgestaltungen in der Unternehmensstruktur des Kunden (Strategiewechsel...) verändern. Die damit verbundene Unsicherheit wird durch eine kumulierte Verteilungsfunktion von v_2 für ein gegebenes σ abgebildet, die später in diesem Abschnitt diskutiert wird.

Ferner wird unterstellt, dass die Realisierung der Werte von v_1 und σ durch die Wahl des Anstrengungsniveaus a beeinflusst wird. Die Performancemaße des IPS² - v_1 und σ - werden daher vom Kunden zusätzlich als unvollständige Signale über a aufgefasst. Formalisiert wird dieser Gedanke durch die „Parametrische Verteilungsfunktion“ des Prinzipal-Agenten-Problems. Demzufolge stellen die Maße v_1 und σ stochastische Größen dar, deren Wahrscheinlichkeitsverteilungen durch die Wahl von a parametrisiert werden. $F(v_1|a)$ und $G(\sigma|a)$ bezeichnen den Wert der kumulierten Verteilungsfunktion von v_1 bzw. σ für ein gegebenes a . Die Verteilungsfunktionen seien zweimal stetig differenzierbar und f bzw. g die entsprechenden Dichtefunk-

4. Komplexität der Leistungserbringung

tionen. Konkret wird die Dichte von v_1 durch die Funktion $\bar{f}(v_1)$ abgebildet, falls $a = \bar{a}$ und $f(v_1)$, falls $a = \underline{a}$ gilt. Entsprechend gilt für σ die Dichtefunktion $\bar{g}(\sigma)$, falls $a = \bar{a}$ bzw. $g(\sigma)$, falls $a = \underline{a}$. Für die Auswirkungen von a auf die Wahrscheinlichkeitsverteilung von v_1 und σ wird unterstellt, dass die monotone likelihood ratio condition (MLRC) erfüllt ist:

$$\frac{\bar{f}(v_1)}{f(v_1)} \text{ ist eine steigende Funktion von } v_1$$

und

$$\frac{\bar{g}(\sigma)}{g(\sigma)} \text{ ist eine steigende Funktion von } \sigma.$$

Gilt die MLRC, führt eine Erhöhung des Anstrengungsniveaus zu einer Rechtsverschiebung der Verteilungsfunktion $F(v|a)$ bzw. $G(\sigma|a)$ im Sinne der stochastischen Dominanz erster Ordnung. Abbildung 4.1 verdeutlicht exemplarisch für die Zufallsvariable v_1 , wie sich dies auswirkt: Die Wahrscheinlichkeit, dass die realisierte Performance ein beliebiges, kritisches Niveau v_1^* bei dem hohen Anstrengungsniveau \bar{a} übersteigt, sei nicht kleiner als die Wahrscheinlichkeit, dass das kritische Niveau v_1^* bei dem niedrigen Anstrengungsniveau \underline{a} übertroffen wird. Aus Sicht des Kunden bedeutet die MLRP, dass ein höherer Wert von v_1 und σ im Sinne einer Maximum-Likelihood-Schätzung auf ein höheres Anstrengungsniveau schließen lässt.

Der Wertbeitrag des IPS² über den gesamten Lebenszyklus realisiert sich sodann im Zeitpunkt t_2 . Neben einer Realisierung der Umwelt hängt der Wertbeitrag v_2 von einer Entscheidung A zum Zeitpunkt t_1' ab. Die Menge der allokativen Entscheidungen sei $A \in \{R, F\}$, wobei $A = R$ eine Rekonfiguration des Systems beschreibt und $A = F$ eine Fortsetzung des initialen IPS². Dabei kann eine Rekonfiguration die Problemlösung beim Kunden grundlegend verändern. So kann zum Beispiel im Sinne der partiellen Substituierbarkeit von Sach- und Dienstleistungen eines IPS² die Rekonfiguration als Automatisierung einer ursprünglich manuell ausgeführten Dienstleistung erfolgen. Folgte zum Beispiel bei manueller Dienstleistung das Servicepersonal noch dem Instruktionshandbuch bei einem Maschinenausfall und war räumlich nicht von der Maschine zu trennen, kann durch den Einsatz von Teleservice die Maschine fernüberwacht werden. Auch die Wiederinstandsetzung bei Ausfall der Maschine kann durch IT-Support aus einem Kontrollraum unterstützt werden. Welche Problemlösung der Kunde präferiert, hängt von seinen Werttreibern (Know-How...) ab, so dass die Entscheidung über R bzw. F auf Basis der Realisation von σ getroffen wird. Dabei trifft diejenige Partei die Entscheidung über eine Anpassung des Systems, der ex ante im Vertrag die Kontrollrechte zugesprochen wurden.

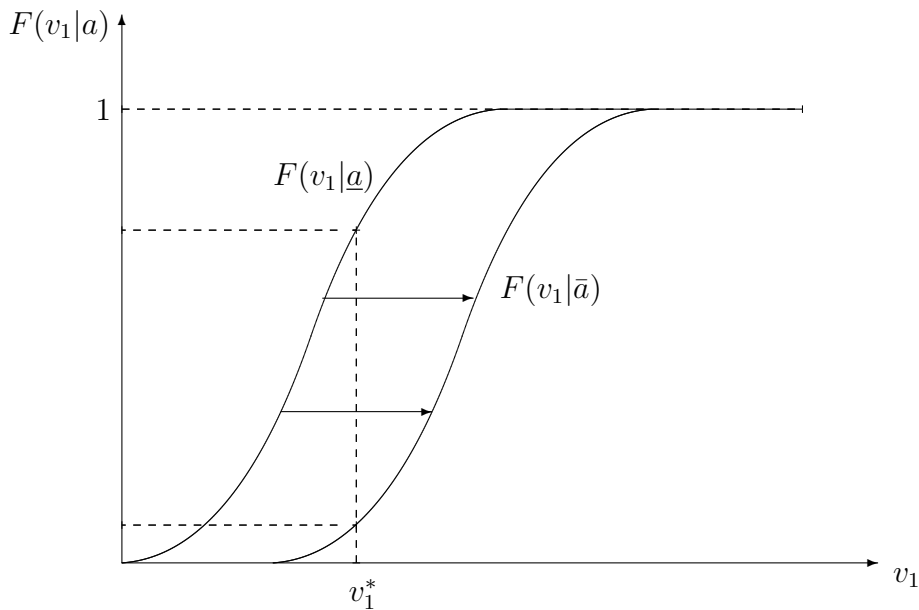


Abbildung 4.1: Stochastische Dominanz erster Ordnung bei $\bar{a} > \underline{a}$

Im Einklang mit der Literatur zum „Partial Contracting“ wird damit vorausgesetzt, dass nur die Kontrolle über die Entscheidung, nicht aber die Entscheidung selbst vertraglich spezifizierbar ist. Daher wird zum Zeitpunkt t_0 verhandelt und vertraglich festgeschrieben, wer die Autorität über die Entscheidung A im Zeitpunkt t'_1 besitzt.

Die Dichte und kumulative Verteilung von v_2 in Abhängigkeit vom Signal σ und der Aktion A wird entsprechend durch die Funktionen $h_A(v_2|\sigma)$ und $H_A(v_2|\sigma)$ abgebildet. Es wird angenommen, dass die Aktion R weniger risikoreich ist als die Aktion F , d.h. für jedes σ hat die Dichte $h_F(v_2|\sigma)$ mehr Gewicht in den Schwänzen als die Dichte $h_R(v_2|\sigma)$. Abbildung 4.2 veranschaulicht die Dichtefunktionen für die beiden Aktionen R und F .

Der Verlauf der Funktionen begründet sich dadurch, dass sich in Folge einer Rekonfiguration die Rollen von Anbieter und Kunde innerhalb der Wertschöpfung verändern. Der Kunde übernimmt nun z.B. wieder mehr Aufgaben selbst, so dass der Beitrag des Anbieters zur Wertschöpfung geringer ausfällt. Gleichzeitig besitzt der Anbieter damit nicht nur weniger Verantwortung in der Wertschöpfung, sondern die Problemlösung ist auch aufgrund des verringerten Umfangs mit weniger Risiko behaftet. Dieser Gedanke wird durch die folgende Annahme formal ausgedrückt:

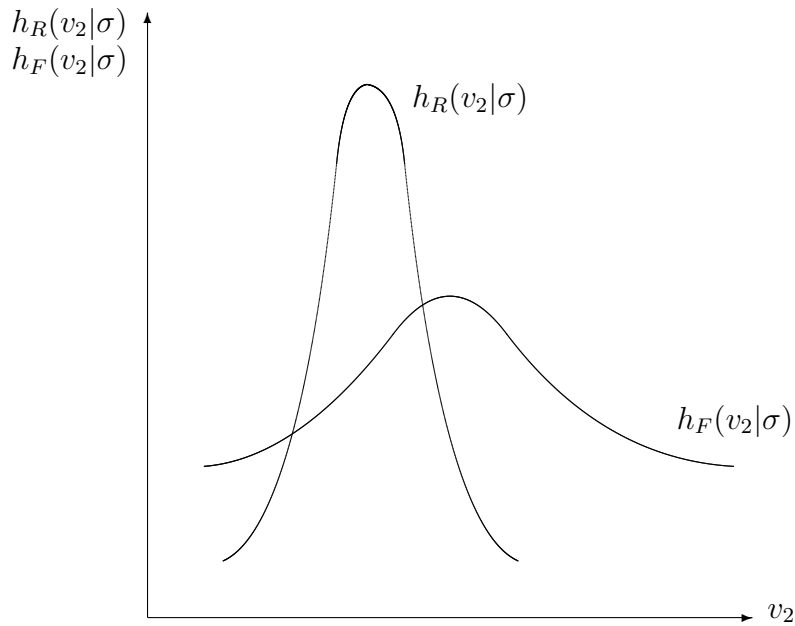


Abbildung 4.2: Dichtefunktionen

Annahme: Für jedes σ existiert ein $\hat{v}_2(\sigma)$, so dass

$$\begin{aligned} H_R(v_2|\sigma) &< H_F(v_2|\sigma) \quad \text{für } 0 < v_2 < \hat{v}_2(\sigma) \\ H_R(v_2|\sigma) &> H_F(v_2|\sigma) \quad \text{für } \hat{v}_2(\sigma) < v_2. \end{aligned}$$

Die Annahme besagt, dass eine Fortsetzung des initialen IPS² gegenüber einer Rekonfiguration zu einer höheren Variabilität des zukünftigen Wertbeitrags v_2 führt.

Weiterhin wird angenommen, dass für hohe Werte von Signal σ die Aktion F wünschenswerter wird:

$$\frac{\partial}{\partial \sigma} [H_R(v_2|\sigma) - H_F(v_2|\sigma)] > 0.$$

Es existiert damit ein Schwellenwert $\hat{\sigma} \in [0, 1]$, für den der erwartete Wertbeitrag v_2 des IPS² für beide Aktionen identisch ist. Es sei

$$\begin{aligned} \Delta(\sigma) &= \int_0^\infty v_2 [h_F(v_2|\sigma) - h_R(v_2|\sigma)] dv_2 \\ &= \int_0^\infty [H_R(v_2|\sigma) - H_F(v_2|\sigma)] dv_2, \end{aligned} \tag{4.2}$$

so dass $\hat{\sigma}$ durch $\Delta(\hat{\sigma}) = 0$ definiert ist. Die Annahme impliziert, dass es für sehr niedrige Werte von σ effizient ist, das IPS² zu rekonfigurieren, während es für sehr

4. Komplexität der Leistungserbringung

hohe Werte effizient ist, das initiale IPS² weiter zu betreiben. Abbildungen 4.3 veranschaulicht diese Annahme.

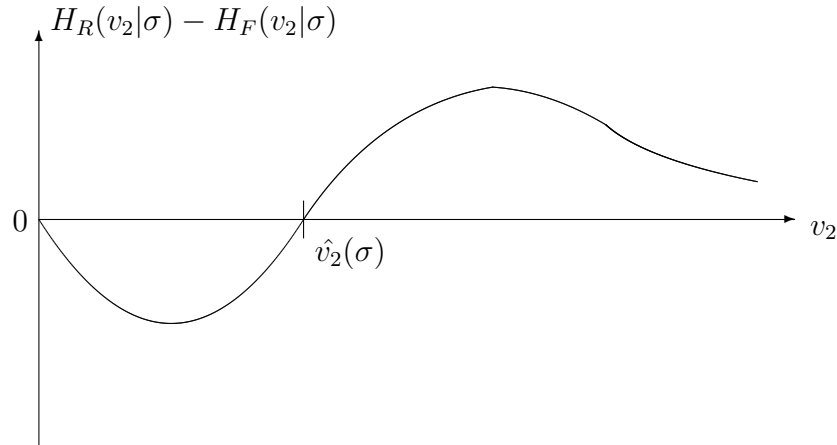


Abbildung 4.3: Kumulierte Verteilungen

Die zeitliche Struktur des Modells ist in Abbildung 4.4 dargestellt und lässt sich abschließend wie folgt zusammenfassen: Zum Zeitpunkt t_0 schließen der Anbieter und der Kunde des IPS² einen Vertrag, der die Allokation der Entscheidungsrechte und das Erlösmodell regelt. Anschließend plant und entwickelt der Anbieter mit einem Anstrengungsniveau $a \in \{\underline{a}, \bar{a}\}$ das IPS² (t'_0). Zum Zeitpunkt t_1 wird das IPS² implementiert und der Wertbeitrag v_1 des initialen IPS² realisiert sich. Nachdem sich ebenfalls in t_1 das Signal σ realisiert hat, muss die Partei mit den Entscheidungsrechten im Zeitpunkt t'_1 die Aktion $A \in \{R, F\}$ wählen. Abschließend realisiert sich zum Zeitpunkt t_2 der Wertbeitrag v_2 und die Auszahlungen werden entsprechend des Vertrages vorgenommen.

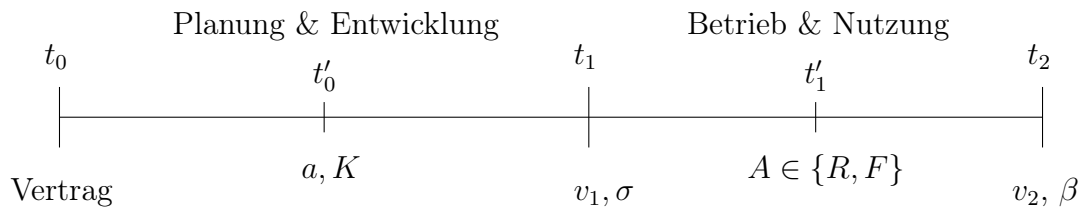


Abbildung 4.4: Zeitliche Abfolge bei dynamischer Komplexität

Ohne die Präferenzen des Anbieters an dieser Stelle näher zu spezifizieren, werden sie derart angenommen, dass für ihn $A = F$ die dominante Entscheidung darstellt.

Selektive Intervention des Kunden, d.h. eine Rekonfiguration des Systems, bedeutet vor diesem Hintergrund für den Anbieter eine Bestrafung. Da die Entscheidungen ex post vertraglich nicht geregelt werden können, müssen die Entscheidungsrechte derart alloziiert werden, dass sie ein hohes Anstrengungsniveau ex ante induzieren. Die Lösung dieses Anreizproblems erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird im folgenden Unterabschnitt 4.2 das optimale Anreizschema für den Anbieter bestimmt. Dabei basiert der Vertrag auf nicht verifizierbaren Größen und ist praktisch nicht durchsetzbar. Anschließend wird in Unterabschnitt 4.3 gezeigt, wie diese grundsätzliche Lösungsstruktur auch für unvollständige Verträge erzielt werden kann.

4.2 Das optimale Anreizschema für den Anbieter

In diesem Abschnitt wird ein fiktives Anreizschema für den Anbieter betrachtet, das von nicht-verifizierbaren Größen abhängt. Im Speziellen macht das Anreizschema die Wahl von A vom informativen Signal σ abhängig. Im nächsten Abschnitt wird sodann gezeigt, wie dieses Schema durch innovative Erlösmodelle von IPS² in Kombination mit einer geeigneten Verteilung von Entscheidungsrechten implementiert werden kann.

Das optimale Anreizschema wird durch die Funktion $x(v_1, \sigma)$ beschrieben. Die Funktion gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass der Kunde sich in Abhängigkeit von v_1 und σ für die Fortführung des initialen IPS² entscheidet. Zentrale Annahme ist dabei, dass eine Bindung des Kunden ex ante an diese Funktion möglich ist, d.h. dass v_1 und σ verifizierbar und damit vertraglich regelbar sind. Das Anreizschema entspricht damit einem vollständigen Vertrag im Sinne der Prinzipal-Agenten-Theorie. Um die grundsätzliche Lösungsstruktur aufzuzeigen, wird außerdem unterstellt, dass der Anbieter nicht-monetäre Präferenzen besitzt. Es wird im Speziellen angenommen, dass der Anbieter einen privaten Nutzen durch die Fortführung des initialen IPS² in Höhe von $N > 0$ erfährt, solange keine externe Intervention durch den Kunden erfolgt. Der Reservationsnutzen des Anbieters, d.h. der für eine Teilnahme an der Geschäftsbeziehungen notwendige Mindestnutzen, sei Null. Dann beträgt der Nutzen des Anbieters N , falls der Kunde die Aktion F wählt und Null, falls die Aktion R vom Kunden präferiert wird.

Dem Anreizproblem liegt nun ein trade-off zwischen der ex ante effizienten Wahl eines hohen Anstrengungsniveaus des Anbieters und der ex post-Entscheidung des Kunden hinsichtlich einer Anpassung des IPS² zugrunde. Während ein hohes Anstrengungsniveau des Anbieters in der Entwicklungsphase tendenziell zu einem hohen Wertbeitrag v_1 des initialen IPS² führt, kann durch die Wahl einer Rekonfiguration des Kunden der Wertbeitrag v_2 im Laufe der Erbringungsphase unter Umständen

gesteigert werden. Das ex post-Entscheidungsproblem des Kunden wird dabei durch Gleichung (4.2) formal beschrieben. Demnach folgt für $\Delta(\sigma) < 0$ bzw. $\sigma < \hat{\sigma}$, dass eine Rekonfiguration ($A = R$) den erwarteten Wertbeitrag v_2 erhöht und aus Sicht des Kunden effizient ist. Für $\Delta(\sigma) > 0$ bzw. $\sigma > \hat{\sigma}$ ist hingegen die Fortführung des initialen IPS² ($A = F$) die effiziente Wahl. Das Anreizproblem resultiert nun aus dem Umstand, dass die ex post effiziente Entscheidung des Kunden dem Anbieter unter Umständen keine Anreize gibt, ein hohes Anstrengungsniveau zu wählen. Für den speziellen Fall, dass a und σ unkorreliert sind, lässt sich das Anreizproblem exemplarisch veranschaulichen. In diesem Fall besitzt der Anbieter keine Möglichkeit, über die Wahl seines Anstrengungsniveaus die ex post-Entscheidung des Kunden zu beeinflussen. Die Wahrscheinlichkeit für eine vom Anbieter präferierte Fortführung des initialen IPS² ist unabhängig von seinem Anstrengungsniveau. Folglich wird der Anbieter das niedrige Anstrengungsniveau wählen, um seine Investitionskosten zu minimieren, ohne dabei seinen erwarteten Nutzen zu verschlechtern.

Dieser Unterabschnitt zeigt, dass dem Anbieter jedoch durch eine verzerrte Entscheidungsfindung des Kunden, welche zu ex post-Ineffizienzen führt, Anreize gegeben werden können. Es sind zwei ineffiziente Entscheidungen denkbar: Zum einen wählt der Kunde die Rekonfiguration, obwohl eine Fortführung des initialen IPS² effizient ist. Zum anderen ist die Rekonfiguration effizient, der Kunde entscheidet sich jedoch für eine Fortführung des initialen IPS². Um diese Ineffizienzen formal abzubilden, wird der Anreiz des Kunden, das initiale IPS² fortzuführen, detaillierter beschrieben. Es sei $\Delta^+(\sigma) \equiv \max(\Delta(\sigma), 0) \geq 0$ und $\Delta^-(\sigma) \equiv \min(\Delta(\sigma), 0) \leq 0$, wobei $\Delta(\sigma) \equiv \Delta^+(\sigma) + \Delta^-(\sigma)$ den Anreiz für die Fortführung des initialen IPS² gemäß Gleichung (4.2) wiedergibt. Mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsfunktion $x(v_1, \sigma)$ lassen sich die ex post-Ineffizienzen formal folgendermaßen darstellen: $(1 - x(v_1, \sigma)) \cdot \Delta^+(\sigma)$ beschreibt den Wertverlust, der durch die Wahl einer Rekonfiguration verursacht wird, wenn eine Fortführung effizient ist. Analog dazu beschreibt $x(v_1, \sigma) \cdot \Delta^-(\sigma)$ den mit einer Fortführung des IPS² verbundenen Wertverlust, wenn Rekonfiguration effizient ist.

Das Anreizproblem besteht dann in der Minimierung der mit der ex post-Entscheidung verbundenen Ineffizienzen unter der Nebenbedingung, dass der Anbieter das hohe Anstrengungsniveau wählt:

$$\min_{x(\cdot, \cdot)} \int \int [(1 - x(v_1, \sigma))\Delta^+(\sigma) - x(v_1, \sigma)\Delta^-(\sigma)] \bar{f}(v_1) \bar{g}(\sigma) dv_1 d\sigma \quad (4.3)$$

unter der Nebenbedingung

$$B \int \int x(v_1, \sigma) \bar{f}(v_1) \bar{g}(\sigma) dv_1 d\sigma - K \geq B \int \int x(v_1, \sigma) \underline{f}(v_1) \underline{g}(\sigma) dv_1 d\sigma. \quad (4.4)$$

4. Komplexität der Leistungserbringung

Die Zielfunktion in (4.3) minimiert die Ineffizienzen ex post, die für ein hohes Anstrengungsniveau ex ante in Kauf genommen werden müssen. Die Nebenbedingung in (4.4) stellt sicher, dass für den Anbieter das hohe Anstrengungsniveau im Erwartungswert lohnenswert ist und er deswegen $a = \bar{a}$ wählt. Sie wird deswegen auch Anreizbedingung genannt. Es wird angenommen, dass K klein genug ist, so dass eine Lösung existiert. Die Lagrange-Funktion des Minimierungsproblems ergibt sich dann als

$$L = \int \int [x(v_1, \sigma)\Delta^+(\sigma) + (1 - x(v_1, \sigma)\Delta^-(\sigma)] \bar{f}(v_1)\bar{g}(\sigma)dv_1d\sigma \\ + \mu \left[B \int \int x(v_1, \sigma)[\bar{f}(v_1)\bar{g}(\sigma) - \underline{f}(v_1)\underline{g}(\sigma)]dv_1d\sigma - K \right]$$

mit μ als Lagrangemultiplikator der Anreizbedingung. Daraus folgt für die Ableitung der Lagrange-Funktion nach $x(v_1, \sigma)$

$$\frac{\partial L}{\partial x(v_1, \sigma)} = \Delta(\sigma)\bar{f}(v_1)\bar{g}(\sigma) + \mu B[\bar{f}(v_1)\bar{g}(\sigma) - \underline{f}(v_1)\underline{g}(\sigma)] = 0. \quad (4.5)$$

Da die MLRC gilt, d.h. $\bar{f}(v_1)/\underline{f}(v_1)$ steigt in v_1 und $\bar{g}(\sigma)/\underline{g}(\sigma)$ steigt in σ , existiert für das Optimierungsproblem ein Schwellenwert $\sigma^*(v_1)$, der fallend in v_1 ist. Damit besitzt die Lösung des Anreizproblems folgende Gestalt (Dewatripont und Tirole 1994, S. 1036):

$$\begin{aligned} \sigma < \sigma^*(v_1) &\Rightarrow x(v_1, \sigma) = 0 \\ \sigma \geq \sigma^*(v_1) &\Rightarrow x(v_1, \sigma) = 1, \end{aligned}$$

Somit entscheidet sich der Kunde immer für die Fortführung des initialen IPS² ($x(v_1, \sigma) = 1$), wenn und nur wenn $\sigma \geq \sigma^*(v_1)$ ist. Ist hingegen $\sigma < \sigma^*(v_1)$ wählt der Kunde die Rekonfiguration ($x(v_1, \sigma) = 0$). Das optimale Anreizschema ist in Abbildung 4.5 dargestellt.

Auf der Ordinate ist der kritische Wert von $\hat{\sigma}$ abgetragen, für den sowohl eine Rekonfiguration als auch eine Fortführung des initialen IPS² denselben Wertbeitrag v_2 erwarten lassen. Die eingezeichnete Horizontale auf Höhe von $\hat{\sigma}$ grenzt damit die Bereiche ab, für die eine Fortführung bzw. eine Rekonfiguration des initialen IPS² ex post effizient ist. Dabei ist oberhalb der Horizontalen die Fortführung ex post effizient, unterhalb der Horizontalen ist hingegen eine Rekonfiguration des IPS² effizient. Der Schwellenwert $\sigma^*(v_1)$, der die effiziente Wahl von A hingegen unter Berücksichtigung der ex ante-Anreize des Anbieters determiniert, ist durch die fallende Funktion in Abhängigkeit von v_1 dargestellt. Der Bereich unterhalb der Geraden

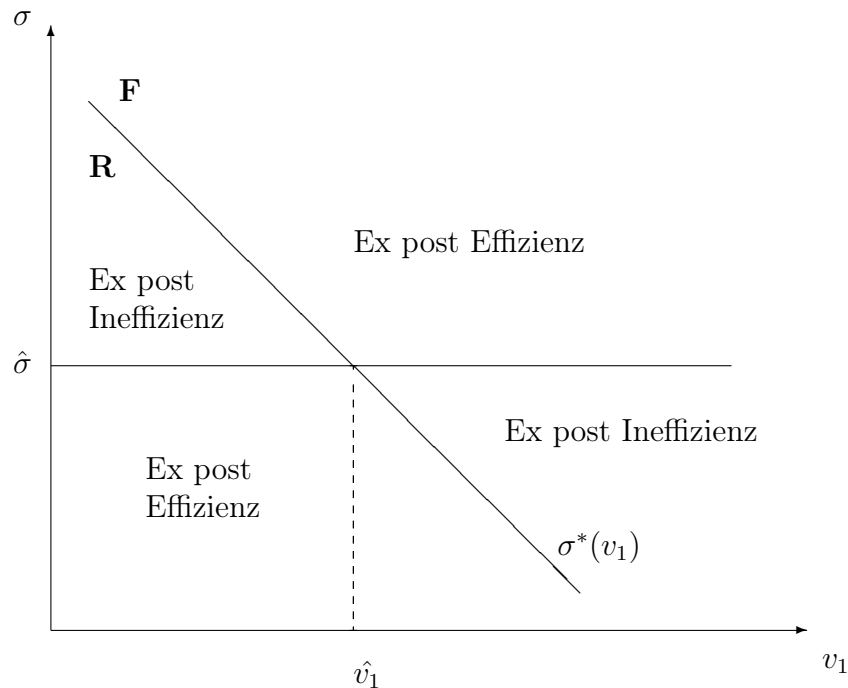


Abbildung 4.5: Das optimale Anreizschema in Anlehnung an Dewatripont und Tirole (1994).

sieht Rekonfiguration vor, der Bereich oberhalb der Geraden eine Fortführung des initialen IPS². Mit Hilfe beider Geraden lassen sich dann die ex post effizienten und ineffizienten Bereiche abgrenzen. Der Bereich oberhalb der Horizontalen und unterhalb der fallenden Funktion $\sigma^*(v_1)$ beschreibt ex post-Ineffizienz, weil der Kunde sich für eine Rekonfiguration entscheidet, obwohl eine Fortführung effizient ist. Der Bereich unerhalb der Horizontalen und oberhalb der fallenden Funktion $\sigma^*(v_1)$ beschreibt ebenfalls ex post-Ineffizienz. Diese ex post-Ineffizienz ist jedoch auf die vom Kunden gewählte Fortführung des initialen IPS² zurückzuführen, obwohl die Rekonfiguration in diesem Fall effizient ist.

Der Anreizmechanismus kann wie folgt interpretiert werden: Da σ positiv mit dem Anstrengungsniveau des Anbieters korreliert ist, wird der Kunde dem Anbieter damit drohen, die Aktion R als Strafe für niedrige Werte von σ zu wählen. Da v_1 ebenfalls mit dem Anstrengungsniveau positiv korreliert ist, ereignen sich zusätzlich für niedrige Werte von v_1 solche Drohungen. Denn ein niedriger Wert von v_1 lässt tendenziell auf ein niedriges Anstrengungsniveau schließen, so dass eine externe Intervention des Kunden notwendig wird. Umgekehrt signalisieren hohe Werte von v_1 und σ ein hohes Anstrengungsniveau, so dass der Kunde sich „passiv“ im Sinne einer

Fortführung des initialen IPS² verhält. Der Anbieter erfährt dann eine zusätzliche Entlohnung in Form seines privaten Nutzens N .

Der Schwellenwert \hat{v}_1 sei durch $\sigma^*(v_1) = \hat{\sigma}$ definiert und entspricht dem initialen Wertbeitrag, bei dem die ex post Entscheidung effizient ist. Das optimale Anreizschema beschreibt damit eine Entscheidungsregel, die dem Anbieter mit starker Intervention des Kunden ($\sigma^*(v_1) > \hat{\sigma}$) im Sinne einer Rekonfiguration des System droht, wenn der initiale Wertbeitrag v_1 niedrig ist ($v_1 < \hat{v}_1$). Dabei ist interessant, dass eine Rekonfiguration aus ex ante Sicht sinnvoll ist, obwohl sie ex post nicht wünschenswert sein muss. Andererseits garantiert die Entscheidungsregel dem Anbieter ein passives Verhalten des Kunden ($\sigma^*(v_1) < \hat{\sigma}$) für den Fall eines hohen initialen Wertbeitrags ($v_1 > \hat{v}_1$). Wiederum muss die Entscheidung ex post nicht mehr effizient sein.

Zentrale Annahme des Anreizschemas ist, dass der Kunde sich an die Funktion $x(v_1, \sigma)$ bzw. $\sigma^*(v_1)$ binden kann, d.h. dass sowohl v_1 als auch σ verifizierbar sind und vertraglich geregelt werden können. Der folgende Unterabschnitt zeigt, wie auch ohne diese starke Annahme mit Hilfe von auf IPS² basierenden innovativen Geschäftsmodellen dieser Mechanismus implementiert werden kann.

4.3 Vertragsgestaltung von IPS²

Bisher ist die Modellanalyse davon ausgegangen, dass einerseits für den Kunden die Möglichkeit einer (vertraglichen) Bindung an ein ex post ineffizientes Entscheidungsverhalten besteht. Andererseits wurden für den Anbieter nicht-monetäre Präferenzen hinsichtlich einer Fortführung des initialen IPS² unterstellt. Dieser Unterabschnitt zeigt, wie mit Hilfe einer geeigneten Vertragsgestaltung von IPS² das im vorangegangenen Unterabschnitt diskutierte Anreizschema auch ohne diese starken Annahmen implementiert werden kann. Zentrale Elemente der Gestaltung eines unvollständigen Vertrages sind das Erlösmodell und eine Allokation von Entscheidungs- und Kontrollrechten. Je nach Ausgestaltung des Erlösmodells und einer Verteilung der Entscheidungs- und Kontrollrechte liegt mehr oder weniger Risiko der Leistungserbringung des IPS² beim Anbieter oder beim Kunden. Durch ein geeignetes Zusammenspiel dieser beiden Vertragselemente können Unsicherheiten beim Kunden reduziert und Anreize beim Anbieter erzeugt werden.

Mit Dauer der Leistungserbringung steigt zugleich die Unsicherheit bzw. die Komplexität des IPS² an. Es kann dann im Vertrag nicht mehr geregelt werden, unter welchen Bedingungen eine Rekonfiguration durchgeführt werden soll, noch wie diese konkret zu gestalten ist. Ist das Signal σ folglich nicht mehr kontrahierbar, besteht

sodann für den Kunden das Problem, sich nicht glaubwürdig an das ex ante optimale Anreizschema $x(v_1, \sigma)$ binden zu können. Zwar besteht nach wie für ihn die Möglichkeit, eine solche Politik anzukündigen, er besitzt jedoch ex post, d.h. nachdem der Anbieter sein Anstrengungsniveau gewählt hat, keinen bzw. wenig Anreiz, diese auch wirklich einzuhalten. Dieses Verhalten wird der Anbieter antizipieren, so dass dieser der ex ante angekündigten Politik des Kunden keinen Glauben schenken wird und demzufolge ein niedriges Anstrengungsniveau wählt. Eine Möglichkeit, das beschriebene Zeitinkonsistenzproblem zu umgehen, besteht nun in der Delegation der Entscheidungs- und Kontrollrechte vom Kunden an den Anbieter. Durch die Delegation besitzt der Kunde keine Möglichkeit mehr, ex post im Sinne einer Rekonfiguration zu intervenieren (Aghion und Tirole 1997). Die Delegation der Entscheidungsrechte an den Anbieter macht aber nur dann Sinn, wenn ex post Interessenkonflikte bzgl. einer Anpassung des IPS² herrschen, so dass entsprechend der Darstellungen des vorangegangenen Unterabschnitts ineffizientes Entscheidungsverhalten ermöglicht wird. Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden innovative Erlösmodelle diskutiert.

Innovative Erlösmodelle zeichnen sich gegenüber traditionellen Erlösmodellen dadurch aus, dass Sach- und Dienstleistungen nicht mehr separat bepreist werden. Vielmehr steht im Mittelpunkt innovativer Erlösmodelle der durch ein integriertes Angebot von Sach- und Dienstleistungen gesteigerte Kundennutzen, der gerade die Attraktivität von IPS² begründet. Dies bedeutet zugleich, dass der Preis der Leistungserbringung für den Anbieter von Leistungsparametern beim Kunden abhängig ist und sich weg von den eigentlichen Kosten der Leistungserbringung entwickelt (Burianek et al. 2008). In Konsequenz übernimmt der Anbieter mehr Risiken, erhält aber auch mehr Anreize. Die Idee innovativer Erlösmodelle wird, ohne auf ihre konkrete Ausgestaltung eingehen zu wollen, durch den Parameter $\beta \in (0, 1)$ formal dargestellt. Der Parameter beschreibt, wie der erzeugte Wertbeitrag in der Geschäftsbeziehung zwischen Anbieter und Kunde aufgeteilt wird. Das Erlösmodell wird in diesem Zusammenhang durch $E = (1 - \beta) \cdot (v_1 + v_2)$ formal beschrieben.

Die Nichtberücksichtigung der Kosten in der Preisfindung führt nun unter Umständen zu Interessenkonflikten über eine Anpassung des IPS². Die durch eine Rekonfiguration hervorgerufene Wertsteigerung des IPS² sei weiterhin durch $\Delta^+(\sigma) = \max(\Delta(\sigma), 0)$ beschrieben. Analog dazu notiert der Ausdruck Δ^K sämtliche Kosten, die dem Anbieter zusätzlich durch eine Rekonfiguration entstehen. Da ex post-Effizienz nun durch die Bedingung $\Delta^+ - \Delta^K > 0$ beschrieben wird, sind die zwei folgenden Ineffizienzen in der ex post-Entscheidungsfindung denkbar:

- Für $\beta > 0$ ist es möglich, dass $\Delta^+ - \Delta^K > 0$ und gleichzeitig $(1 - \beta)\Delta^+ - \Delta^K < 0$ gilt. In diesem Fall präferiert der Anbieter die Fortführung des IPS², obwohl ex post eine Rekonfiguration effizient ist.
- Es gilt $\Delta^+ - \Delta^K < 0$, so dass Rekonfiguration ex post nicht effizient ist. Da der Kunde jedoch keine Kosten zu tragen hat, kann für ihn eine Rekonfiguration trotzdem vorteilhaft sein, wenn $\beta\Delta^+ > 0$.

Während der Kunde verzerrte Präferenzen hinsichtlich einer Rekonfiguration des IPS² besitzt, präferiert der Anbieter trotz Ineffizienz die Fortführung des IPS². Der Lösungsstruktur des vorherigen Abschnitts folgend sollte demnach der Kunde das Entscheidungsrecht behalten, wenn der initiale Wertbeitrag niedrig ist ($v_1 < \hat{v}_1$). Im Gegensatz dazu sollte das Entscheidungsrecht im Besitz des Anbieters sein, wenn der Wertbeitrag des initialen IPS² hoch genug ist ($v_1 > \hat{v}_1$). Eine zielführende Verteilung der Entscheidungs- und Kontrollrechte in Kombination mit innovativen Erlösmodellen ist somit in der Lage, die Geschäftsbeziehung zu koordinieren und ex ante effizientes Verhalten des Anbieters zu induzieren.

4.4 Abschließende Bemerkungen

Das dargestellte Modell betrachtet eine Abfolge von Entscheidungen in unterschiedlichen Phasen des IPS² unter Berücksichtigung von möglichen Verhaltensinterdependenzen zwischen einem Anbieter und einem Kunden eines IPS². Zum Einen hat der Anbieter die Entscheidung über die Höhe seines Anstrengungsniveaus in der Entwicklungsphase zu treffen, welche sich positiv auf den Wertbeitrag des initialen IPS² auswirkt. Zum Anderen können Interessenkonflikte zwischen dem Anbieter und dem Kunden in Bezug auf die Entscheidung einer Anpassung bzw. Rekonfiguration des initialen IPS² in der Betriebsphase auftreten. Die Notwendigkeit einer Rekonfiguration ergibt sich aus der Komplexität der Leistungserbringung. Dabei hat die ex post-Entscheidung über eine Rekonfiguration Auswirkungen auf die ex ante-Wahl des Anstrengungsniveaus des Anbieters. Das Modell bildet somit zeitliche Interdependenzen zwischen den Phasen des IPS² ab.

Aus einer Analyse dieses Modelles ergeben sich wichtige Implikationen für ein Management von IPS². Es zeigt, dass ein ex ante effizientes Entscheidungsverhalten des Anbieters in der Entwicklungsphase ein Commitment an ein ex post ineffizientes Entscheidungsverhalten in der Betriebsphase erfordert. Innovative Erlösmodelle, die ein integriertes Angebot von Sach- und Dienstleistungen notwendig machen, implizieren dabei gerade Ineffizienzen hinsichtlich der ex post-Entscheidung über die Rekonfiguration des initialen IPS². Die Ursache dafür liegt in der Betonung des Kundennutzens

innerhalb innovativer Erlösmodelle. Die Preisfindung orientiert sich bei diesen verstärkt an den Leistungsparametern beim Kunden und nicht mehr an den Kosten der Leistungserbringung. In Konsequenz kann der Kunde werterhöhende Anpassungen am IPS^2 wünschen, die für den Anbieter mit hohen Kosten verbunden sind. Voraussetzung für eine positive Anreizwirkung der mit innovativen Erlösmodellen induzierten Ineffizienzen ist, dass der Anbieter auf die ex post-Entscheidungsfindung durch seine ex ante-Entscheidung Einfluss nehmen kann. In diesem Zusammenhang bekommt die vertragliche Verteilung der Entscheidungsrechte über die Anpassung des IPS^2 Bedeutung. Um dem Anbieter Anreize für ein hohes Anstrengungsniveau zu geben, wird die Vergabe des Entscheidungsrechts an den Wertbeitrag des initialen IPS^2 gekoppelt. Ist der initiale Wertbeitrag hoch, erhält der Anbieter als „Belohnung“ für seine hohe Anstrengung die Entscheidungsrechte. Im umgekehrten Fall eines niedrigen initialen Wertbeitrags, welcher auf ein niedriges Anstrengungsniveau des Anbieters schließen lässt, sollte das Entscheidungsrecht dem Kunden gegeben werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass aufgrund des phasenübergreifenden Leistungsangebots von IPS^2 Wertschaffung insbesondere durch die Gestaltung der Geschäftsbeziehung erzeugt wird. Entscheidende Bedeutung kommt insbesondere dem Zusammenspiel von Erlösmodell und einer Verteilung von Entscheidungs- und Kontrollrechten als zentralen Elementen der Vertragsgestaltung von IPS^2 zu. Das alleinige Erreichen operativer Effizienz ist vor diesem Hintergrund nicht mehr ausreichend (Bonnemeier et al. 2009, S. 29).

Das Modell beruht auf einer Reihe von Prämissen. Abschließend sollen zwei für das Ergebnis des Modells wichtige Annahmen kurz diskutiert werden.

- Zum Einen geht das Modell von einer einseitigen Verteilung der Entscheidungs- und Kontrollrechte aus. Solche autoritären Beziehungen zwischen Anbieter und Kunde können als Spezialfälle von allgemeineren Entscheidungsprozessen in der Geschäftsbeziehung angesehen werden (Tirole 1999). Ein Entscheidungsprozess spezifiziert in diesem Zusammenhang, wie eine Entscheidungsfindung ex post erreicht wird, ohne dass eine explizite Beschreibung der Alternativen ex ante erforderlich ist. Neben einer einseitigen Verteilung von Entscheidungsrechten sind z.B. verschiedene Formen von Kollegialentscheidungen denkbar, in denen eine oder beide Parteien Veto-Rechte besitzen.
- Zum Anderen ist das Vertragsproblem in dem Modell implizit davon ausgegangen, in jedem Fall ein hohes Anstrengungsniveau des Anbieters ex ante zu erreichen. Das Optimierungsproblem beschränkte sich damit auf die Minimierung der mit der ex post-Entscheidung verbundenen Ineffizienzen. Unter

stärkerer Berücksichtigung der Dynamik der Leistungserbringung muss jedoch abgewogen werden, welche Ineffizienzen mit einem höheren Wertverlust verbunden sind. Während ein ex ante hohes Anstrengungsniveau des Anbieters in der Entwicklungsphase ein leistungsstarkes initiales IPS² impliziert, steigt mit einer effizienten ex post-Anpassung die relative Leistungsfähigkeit des IPS² über die Zeit (Novak und Stern 2008). Es ist zu vermuten, dass mit zunehmender Leistungsausdehnung die Effizienz einer Anpassung des IPS² gegenüber der effizienten Entwicklung des initialen IPS² an Bedeutung gewinnt.

Insgesamt hat dieser Abschnitt gezeigt, dass mit Hilfe einfacher Wenn-Dann-Regeln, das Risiko von Vertragslücken begrenzt und Flexibilität für Anpassungsmaßnahmen aufrecht erhalten werden kann. Der Abschnitt leistet somit auch einen Beitrag zum Controlling von IPS², dessen Aufgabe es unter anderem ist, das Management des IPS² während der Leistungserbringung zu unterstützen. Änderungen am IPS² sind damit ein entscheidender Betrachtungsgegenstand des IPS²-Controllings und Wenn-Dann-Regeln ein wertvolles Instrument für ein Controlling von Anpassungsmaßnahmen (Müller et al. 2009, S. 398f.).

5 Schlussbetrachtung

Der Artikel hat zum Ziel, Anreizprobleme innerhalb einer langfristigen Geschäftsbeziehung zwischen einem Anbieter und einem Kunden über die Planung und Entwicklung sowie die Erbringung und Nutzung eines IPS^2 zu untersuchen. Es wurden mit Hilfe ausgewählter vertragstheoretischer Ansätze mögliche Probleme vor dem Hintergrund der Komplexität von IPS^2 identifiziert und Lösungsprinzipien aufgezeigt. Die vertragstheoretischen Ansätze zeichnen sich dadurch aus, dass sie sowohl ex ante als auch ex post Ineffizienzen in den mit IPS^2 verbundenen Entscheidungsprozessen erlauben. Die Diskussion der einschlägigen Literatur im zweiten Abschnitt hat gezeigt, dass hierfür die Integration verschiedener Theorien notwendig ist. Während die PRT und die Prinzipal-Agenten-Theorie sich ausschließlich auf das Schaffen von ex ante-Anreizen konzentrieren, werden im Rahmen der Adaptionstheorie nur ex post-Entscheidungen berücksichtigt. Mit Hilfe einer integrierten Betrachtung beider Theorien lassen sich somit die Entscheidungsprobleme eines IPS^2 umfassend abbilden.

Die Komplexität eines IPS^2 wird durch eine Reihe von Faktoren wie z.B. die Kundenanforderungen, die Wahl der eingesetzten Technologie oder die Systemarchitektur bestimmt. Für die in diesem Artikel betrachtete Problemstellung wurde dabei auf das Konzept der Systemkomplexität zurückgegriffen. Dabei wurde die Systemkomplexität eines IPS^2 in eine statische und eine dynamische Komponente unterteilt. Der statische Anteil der Komplexität von IPS^2 wird über die Systemstruktur determiniert. Diese wird durch Entscheidungen in der Entwicklungsphase über die Anzahl der Systemelemente, die Interaktion der Elemente und den Innovationscharakter des Systems bestimmt. Vor diesem Hintergrund bestand die Fragestellung des dritten Abschnitts darin, wie die Systemarchitektur des IPS^2 unter Berücksichtigung von Anreizaspekten zu wählen ist. Die dynamische Komponente der Komplexität beschreibt andererseits die zeitliche Veränderlichkeit des IPS^2 während der Leistungserbringung. Dabei ist eine Ausdehnung der Leistungserbringung mit einem Anstieg der (dynamischen) Komplexität verbunden. In der Regel lassen sich die dynamischen Komplexitätsanteile nicht direkt beeinflussen, so dass sich die Forschungsfrage des vierten Abschnitts auf eine geeignete Allokation von Entscheidungs- und Kontrollrechten über die Anpassung des IPS^2 verlagert.

Als Resultat des dritten Abschnitts kann festgehalten werden, dass eine Modularisierungsstrategie zur Handhabung von Unsicherheit bei IPS² nicht unbedingt Erfolg versprechend sein muss. Der Grund liegt in einer Integration des Kunden in die Entwicklung, so dass die strategische Interaktion von Anbieter und Kunde bei einer hohen Anzahl an Designoptionen zu Anreizproblemen führen kann. Grundvoraussetzung dafür ist, dass hochwertige Problemlösungen der Entwicklung für den Kunden bei Wahl einer integrierten Systemarchitektur mit einer höheren Wahrscheinlichkeit erfolgreich sind als bei Wahl einer modularisierten Systemarchitektur. Die zusätzlich durch eine Modularisierung erzeugten Optionen sind dabei zwar ex post effizient, werden vom Kunden jedoch aufgrund einer verzerrten Wahrnehmung in seiner Entscheidungsfindung nicht implementiert. Aus diesem Umstand folgt für den Anbieter eine im Erwartungswert verringerte Vergütung, die sich negativ auf seine Anreize auswirkt.

Ergebnis des vierten Abschnitts ist, dass unter Berücksichtigung dynamischer Komplexitätsaspekte gerade Ineffizienzen in der ex post-Entscheidung hinsichtlich einer Anpassung des IPS² erforderlich sind, um dem Anbieter Anreize für ein hohes Anstrengungsniveau der Entwicklungsphase des IPS² zu geben. Das Problem besteht darin, dass der Kunde sich nicht glaubwürdig an ex post ineffiziente Entscheidungen binden kann, wenn die Verträge unvollständig sind. Der Abschnitt zeigt, dass eine geeignete Vertragsgestaltung von IPS² das Selbstbindungsproblem des Kunden löst. Während innovative Erlösmodelle, die den Wertbeitrag für den Kunden betonen, verzerrte Anreize in der ex post-Entscheidungsfindung implizieren, nimmt sich der Kunde durch Delegation der Entscheidungsrechte die Möglichkeit, ex post zu intervenieren. Durch gezielte Kombination beider Vertragselemente kann eine anreizkompatible Risikoverteilung erzielt werden, die Anreize beim Anbieter erzeugt.

Zukünftiger Forschungsbedarf in Bezug auf diesen Artikel besteht in zweifacher Hinsicht. Zum einen wurden die Analysen über statische und dynamische Komplexität getrennt voneinander durchgeführt. Interessant ist eine integrierte Analyse beider Komplexitätstypen. Obwohl die dynamischen Komplexitätsanteile des IPS² während der Leistungserbringung nicht direkt beeinflussbar sind, kann ihnen doch teilweise durch die Wahl einer geeigneten Systemstruktur begegnet werden. Flexibilitätsaspekte einer Modularisierung verlagern sich in diesem Zusammenhang von einer rein systemtheoretischen Fähigkeit der Anpassung, d.h. von der Anzahl und der Bandbreite an Handlungsmöglichkeiten, zu einer Betrachtung der Kosten einer Anpassung. Ein System ist in diesem Zusammenhang um so flexibler, desto kostengünstiger seine Anpassung ist. Entsprechend den Ausführungen des vierten Abschnitts ist sodann eine teilweise Harmonisierung der Interessen bzgl. einer Anpassung des Systems möglich, wenn die Kosten einer Anpassung durch Modularisierung reduziert werden können. Daneben bietet eine Modularisierung auch die Möglichkeit,

Entscheidungsrechte zu partitionieren und Anpassungsrechte über einzelne Module bzw. Teilleistungen zu verteilen (Chakravarty und MacLeod 2006).

Andererseits besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der Anreizwirkung messbarer Leistungsparameter des Leistungsversprechens als Grundlage für das Erlösmodell. In diesem Artikel wurde das Erlösmodell undifferenziert behandelt und angenommen, dass der Erlös des Anbieters sich anteilmäßig aus dem erzeugten Wertbeitrag für den Kunden ergibt. Tatsächlich sind verschiedene Varianten innovativer Erlösmodelle denkbar (Burianek et al. 2008). Neben dem „usage-based“-Erlösmodell, welches den Erlös vom Nutzungsverhalten des Kunden in einer Periode abhängig macht, bieten sich zusätzlich das „performance-based“- und „value-based“-Erlösmodell im Kontext von IPS² an. Im Rahmen eines performance-based-Erlösmodells wird der Anbieter für die Einhaltung eines Leistungsversprechens entlohnt. Value-based-Erlösmodelle zeichnen sich hingegen dadurch aus, dass der Anbieter tatsächlich an der Wertschöpfung des Kunden beteiligt wird. Die dem Artikel zugrunde liegende Analysemerhode einer Integration der PRT und der Adaptionstheorie erfordert vor diesem Hintergrund noch eine Erweiterung um die Prinzipal-Agenten-Theorie (Gibbons 2005).

Symbolverzeichnis

Konstanten

B	Bonuszahlung
β	Anteil des Anbieters am Wertbeitrag v
Δ^K	Kosten einer Rekonfiguration beim Anbieter
F	Fortführung des initialen IPS ²
G	Wertsteigerung durch eine verbesserte Lösung
K	Kosten des hohen Anstrengungsniveaus \bar{a}
μ	Lagrange-Multiplikator
N	Privater Nutzen des Anbieters
p, p', p''	Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Entwicklung
R	Rekonfiguration
S_0	Wertbeitrag der Basislösung
t_1	Zeitpunkt i
z	Konstante

Variablen

$a \in \{a, \bar{a}\}$	Anstrengungsniveau des Anbieters
$A \in \{R, F\}$	Menge von ex post Entscheidungen
ω	Differenz zwischen Wertbeitrag und Kompensationszahlungen
$s \in \{s_{int}, s_{mod}\}$	Integrierte und modularisierte Systemarchitektur
σ	Signal über v_2
$\hat{\sigma}$	Schwellenwert der ex post-Entscheidung
v	Gesamter Wertbeitrag des IPS ²
v_1	Wertbeitrag des IPS ² zum Zeitpunkt $t = 1$
v_2	Wertbeitrag des IPS ² zum Zeitpunkt $t = 2$
\hat{v}_1	Wertbeitrag, bei dem die ex post-Entscheidung effizient ist

Funktionen

$d(\omega) \in \{0, 1\}$	Implementierung einer innovativen Problemlösung
$\Delta(\sigma)$	Ex post-Entscheidungsregel für die Wahl von A
$\Delta^-(\sigma)$	Erwartete Werterhöhung durch eine Fortführung des IPS ²
$\Delta^+(\sigma)$	Erwartete Werterhöhung durch eine Rekonfiguration des IPS ²
$E(\cdot)$	Erlösmodell

5. Schlussbetrachtung

$f(v_1), F(v_1)$	Dichte- und Verteilungsfunktion von v_1
$g(\sigma), G(\sigma)$	Dichte- und Verteilungsfunktion von σ
$h_A(v_2 \sigma), H_A(v_2 \sigma)$	Dichte- und Verteilungsfunktion von v_2 für A und σ
$L(\cdot)$	Lagrangefunktion
$\sigma^*(v_1)$	Ex ante-Entscheidungsregel für die Wahl von A
$x(v_1, \sigma)$	Wahrscheinlichkeit, dass der Kunde $A = F$ wählt

Literaturverzeichnis

- [1] Aghion, P. und Bolton, P. (1992), An Incomplete Contracts Approach to Financial Contracting, *Review of Economic Studies*, Jahrgang 59, Heft 3, S. 473-494.
- [2] Aghion, P., Dewatripont, M. und Rey, P. (2002), On Partial Contracting, *European Economic Review*, Jahrgang 46, Heft 4-5, S. 745-753.
- [3] Aghion, P., Dewatripont, M. und Rey, P. (2004), Transferable Control, *Journal of European Economic Association*, Jahrgang 2, Heft 1, S. 115-138.
- [4] Aghion, P. und Tirole, J. (1994), The Management of Innovation, *The Quarterly Journal of Economics*, Jahrgang 109, Heft 4, S. 1185-1207.
- [5] Aghion, P. und Tirole, J. (1997), Formal and Real Authority in Organizations, *Journal of Political Economy*, Jahrgang 105, Heft 1, S. 1-29.
- [6] Anderson, S. W., Glenn, D. und Sedatole, K. L. (2000), Sourcing Parts of Complex Products: Evidence on Transaction Costs, High-Powered Incentives and Ex-Post Opportunism, *Accounting, Organization & Society*, Jahrgang 25, Heft 8, S. 723-749.
- [7] Baiman, S., Fischer, P. E. und Rajan, M. V. (2001), Performance Measurement and Design in Supply Chains, *Management Science*, Jahrgang 47, Heft 1, S. 173-188.
- [8] Bajari, P. und Tadelis, S. (2001), Incentives versus Transaction Costs: A Theory of Procurement Contracts, *RAND Journal of Economics*, Jahrgang 32, Heft 3, S. 387-407.
- [9] Baker, G., Gibbons, R. und Murphy, K. J. (2008), Strategic Alliances: Bridges Between 'Islands of Conscious Power', *Journal of the Japanese and International Economies*, Jahrgang 22, Heft 2, S. 146-163.
- [10] Baldwin, C. Y. (2008), Where Do Transactions Come From? Modularity, Transactions, and the Boundaries of the Firm, *Industrial and Corporate Change*, Jahrgang 17, Heft 1, S. 155-195.

- [11] Baldwin, C. Y. und Clark, K. B. (2000), Design Rules, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- [12] Bonnemeier, S., Burianek, F. und Reichwald, R. (2009), Hybride Wertschöpfung - Die Fähigkeit zur Kundenintegration, Industrie Management, Jahrgang 25, Heft, 2, S. 29-32.
- [13] Burianek, F., Bonnemeier, S., Ihl, C. und Reichwald, R. (2008), Erlösmodellgestaltung bei hybriden Produkten, Controlling, Jahrgang 20, Heft 8-9, S. 488-494.
- [14] Chakravarty, S. und MacLeod, W. B. (2006), Construction Contracts (or „How to Get the Right Building at the Right Price“), Discussion Paper No. 0506-24, Department of Economics, Columbia University, New York.
- [15] Cohen, M. A. und Whang, S. (1997), Competing in Product and Service: A Product Life-Cycle Model, Management Science, Jahrgang 43, Heft 4, S. 535-545.
- [16] Demski, J. und Dye, R. (1999), Risk, Return, and Moral Hazard, Journal of Accounting Research, Jahrgang 37, Heft 1, S. 27-55.
- [17] Dewatripon, M. und Tirole, J. (1994), A Theory of Debt and Equity: Diversity of Securities and Manager-Shareholder Congruence, The Quarterly Journal of Economics, Jahrgang 109, Heft 4, S. 841-879.
- [18] Ethiraj, S. D. und Levinthal, D. (2004), Modularity and Innovation in Complex Systems, Management Science, Jahrgang 50, Heft 2, S. 159-173.
- [19] Gibbons, R. (2005), Four Formal(izable) Theories of the Firm?, Journal of Economic Behavior & Organization, Jahrgang 58, Heft 2, S. 200-245.
- [20] Grossman, S. und Hart, O.D. (1986), The Costs and Benefits of Ownership: A Theory of Vertical and Lateral Integration, Journal of Political Economy, Jahrgang 94, Heft 4, S. 691-719.
- [21] Hart, O. und Holmström, B. (2002), A Theory of Firm Scope, MIT Department of Economics Working Paper No. 02-42, Cambridge, Massachusetts.
- [22] Hart, O. und Moore, J. (1990), Property Rights and Nature of the Firm, Journal of Political Economy, Jahrgang 98, Heft 6, S. 1119-1158.
- [23] Hart, O. und Moore, J. (2004), Agreeing Now to Agree Later: Contracts that Rule Out But Do Not Rule in, Harvard Law and Economics Discussion Paper No. 465, Harvard.

- [24] Hart, O. und Moore, J. (2006), Contracts as Reference Points, NBER Working Paper Series, Working Paper 12706, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
- [25] Hirshleifer, D. und Suh, Y. (1992), Risk, Managerial Effort, and Project Choice, *Journal of Financial Intermediation*, Jahrgang 2, Heft 3, S. 308-345.
- [26] Kim, S.-H., Cohen, M. A. und Netessine, S. (2007), Performance Contracting in After-Sales Supply Chains, *Management Science*, Jahrgang 53, Heft 12, S. 1843-1858.
- [27] Langlois, R. (2002), Modularity in Technology and Organization, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Jahrgang 49, Heft 1, S. 19-37.
- [28] Marengo, L. und Dosi, G. (2005), Division of Labor, Organizational Coordination and Market Mechanisms in Collective Problem-Solving, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Jahrgang 58, Heft 2, S. 303-326.
- [29] Meier, H., Uhlmann, E. und Kortmann, D. (2005), Hybride Leistungsbündel - Nutzenorientiertes Produktverständnis durch interferierende Sach- und Dienstleistungen, *wt Werkstattstechnik online*, Jahrgang 95, Heft 7, S. 528-532.
- [30] Müller, M., Gleich, R. und Wald, A. (2009), Flexible Verträge und Claims Management im Projektcontrolling, *Controlling*, Jahrgang 21, Heft 7, S. 396-401.
- [31] Novak, S. und Eppinger, S. D. (2001), Sourcing By Design: Product Complexity and the Supply Chain, *Management Science*, Jahrgang 47, Heft 1, S. 189-204.
- [32] Novak, S. und Stern, S. (2008), How Does Outsourcing Affect Performance Dynamics? Evidence from the Automobile Industry, *Management Science*, Jahrgang 54, Heft 12, S. 1963-1979.
- [33] Oliva, R. und Kallenberg, R. (2003), Managing the Transition from Products to Services, *International Journal of Service Industry Management*, Jahrgang 14, Heft 2, S. 160-172.
- [34] Otte, H. O., Richter, A. und Steven, M. (2008), Integrated Design of Industrial Product Service Systems, in: Kalcsics, J., Nickel, St. (Hrsg.), *Operations Research Proceedings 2007*, Springer, Berlin usw., 2008, S. 363-368.

- [35] Rese, M., Strotmann, W. C. und Karger, M. (2009), Which Industrial Product Service System Fits Best?: Evaluating Flexible Alternatives Based on Customers' Preference Drivers, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Jahrgang 20, Heft 5, S. 640-653.
- [36] Richter, A. und Steven, M. (2009), On the Relation between Industrial Product-Service Systems and Business Models, in: Fleischmann, B., Borgwardt, K.H. et al. (Hrsg.), *Operations Research Proceedings 2008*, Springer, Berlin usw., 2009, S. 97-102.
- [37] Rotemberg, J. J. und Saloner, G. (1994), Benefits of Narrow Business Strategies, *The American Economic Review*, Jahrgang 84, Heft 5, S. 1330-1349.
- [38] Simon, H. (1951), A Formal Theory of the Employment Relationship, *Econometrica*, Jahrgang 19, Heft 3, S. 193-305.
- [39] Schmitz, P. W. und Sliwka, D. (2001), On Synergies and Vertical Integration, *International Journal of Industrial Organization*, Jahrgang 19, Heft 8, S. 1281-1295.
- [40] Tirole, J. (1999), Incomplete Contracts: Where Do We Stand?, *Econometrica*, Jahrgang 67, Heft 4, S. 741-781.
- [41] Tuli, K., Kohli, A. und Bahradwaj, S. (2007), Rethinking Customer Solutions: From Product Bundles to Relational Processes, *Journal of Marketing*, Jahrgang 71, Heft 3, S. 1-17.
- [42] Ulrich, K.T. (1995), The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm, *Research Policy*, Jahrgang 24, Heft 3, S. 419-440.
- [43] Ulrich, K.T. und Ellison, D.J. (1999), Holistic Customer Requirements and the Design-Select Decision, *Management Science*, Jahrgang 45, Heft 5, S. 641-658.
- [44] Wise, R. und Baumgartner, P. (1999), Go Downstream - The New Profit Imperative in Manufacturing, *Harvard Business Review*, Jahrgang 77, Heft 5, S. 133-141.