



Bewertung von Handlungsflexibilität bei Prozess- und IT-Investitionen

Dissertation

der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät

der Universität Augsburg

zur Erlangung des Grades eines Doktors

der Wirtschaftswissenschaften

(Dr. rer. pol.)

vorgelegt

von

Christian Ullrich

(Diplom-Kaufmann, M.B.A.)

Augsburg, Juni 2013

Erstgutachter:

Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl

Zweitgutachter:

Prof. Dr. Dr. h.c. Günter Bamberg

Vorsitzender der mündlichen Prüfung:

Prof. Dr. Marco Wilkens

Datum der mündlichen Prüfung:

5. Juli 2013

Literaturverzeichnis

Verzeichnis der Beiträge	iv
I Einleitung	I-1
<i>I.1 Zielsetzung und Aufbau dieser Dissertationsschrift</i>	<i>I-7</i>
<i>I.2 Fachliche Einordnung und fokussierte Forschungsfragen</i>	<i>I-8</i>
<i>I.3 Literatur</i>	<i>I-12</i>
II Bewertung von Handlungsflexibilität bei der Prozessgestaltung	II-1
<i>II.1 Beitrag 1: „Valuating Business Process Flexibility achieved through an alternative Execution Path“</i>	<i>II-1</i>
<i>II.2 Literatur</i>	<i>II-17</i>
III Bewertung von Handlungsflexibilität bei IT-Investitionen	III-1
<i>III.1 Beitrag 2: „Bewertung von IT-Investitionen mit dem Realloptionsansatz“</i>	<i>III-1</i>
<i>III.2 Beitrag 3: „A Real Options Approach for Valuating Intertemporal Interdependencies within a Value-Based IT Portfolio Management – A Risk-Return Perspective“</i>	<i>III-28</i>
<i>III.3 Beitrag 4: „Bewertung intertemporaler Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten – Anwendung eines realoptionsbasierten Ansatzes unter Berücksichtigung projektspezifischer Risiken“</i>	<i>III-45</i>
<i>III.4 Anhang</i>	<i>III-77</i>
<i>III.5 Literatur</i>	<i>III-79</i>
IV Fazit und Ausblick	IV-1
<i>IV.1 Fazit</i>	<i>IV-1</i>
<i>IV.2 Ausblick</i>	<i>IV-4</i>
<i>IV.3 Literatur</i>	<i>IV-7</i>

Anmerkung: Eine fortlaufende Seitennummerierung wird pro Kapitel vorgenommen. Ein Literaturverzeichnis sowie die Anhänge werden jeweils am Ende eines jeden Kapitels aufgeführt.

Verzeichnis der Beiträge

In dieser Dissertation werden die folgenden veröffentlichten und zur Veröffentlichung angenommenen Beiträge vorgestellt:

- B1 Braunwarth K, Ullrich C (2010) Valuating Business Process Flexibility achieved through an alternative Execution Path. In: Proceedings of the 18th European Conference on Information Systems (ECIS), Pretoria, Südafrika
(VHB JOURQUAL 2.1: 7,37 Punkte, Kategorie B)
- B2 Ullrich C (2013) Bewertung von IT-Investitionen mit dem Realoptionsansatz. WIRTSCHAFTSINFORMATIK 55(5):333-345
(VHB JOURQUAL 2.1: 7,29 Punkte, Kategorie B)
- B3 Diepold D, Ullrich C, Wehrmann A, Zimmermann S (2009) A Real Options Approach for Valuating Intertemporal Interdependencies within a Value-Based IT Portfolio Management – A Risk-Return Perspective. In: Proceedings of the 17th European Conference on Information Systems (ECIS), Verona, Italien
(VHB JOURQUAL 2.1: 7,37 Punkte, Kategorie B)
- B4 Diepold D, Ullrich C, Wehrmann A, Zimmermann S (2011) Bewertung intertemporaler Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten – Anwendung eines realoptionsbasierten Ansatzes unter Berücksichtigung projektspezifischer Risiken. Zeitschrift für Betriebswirtschaft 81(7):805-831
(VHB JOURQUAL 2.1: 7,01 Punkte, Kategorie B)

I Einleitung

Der Erfolg unternehmerischen Handelns wird maßgeblich von bestehenden Unsicherheiten beeinflusst, denen Unternehmen ausgesetzt sind. Diese resultieren aus der Unkenntnis über zukünftige Ausprägungen von Faktoren wie bspw. die Entwicklung von Märkten, Wettbewerb oder prognostizierten Ein- oder Auszahlungen (Amram und Kulatilaka 1999, S. 13). Die Existenz dieser Unsicherheiten ist jedoch kein neues Phänomen. Vielmehr beschäftigt sich die Wissenschaft bereits seit langer Zeit ausgiebig mit der Entscheidungsfindung unter Unsicherheit (vgl. z. B. Arrow 1951; Bernoulli 1738; Schneeweiß 1967). Allerdings verdeutlichen nicht zuletzt die Auswirkungen der letzten Finanzmarktkrise, dass Unsicherheiten, die mit solchen extremen und seltenen Ereignissen einhergehen, sowie deren negative Folgen für Unternehmen kaum vorhersehbar sind und somit auch nur schwer bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden können.

Die Wissenschaft ist sich vermutlich auch aus diesem Grund einig, dass es für Unternehmen in Zeiten zunehmender Unsicherheiten immer wichtiger wird, flexibel zu planen und flexibel auf neue Situationen reagieren zu können (u. a. Hitt et al. 1998; Nandakumar et al. 2013; Schober und Gebauer 2011). Diese Fähigkeit wird als Handlungsflexibilität bezeichnet und Nadkarni und Narayanan (2007, S. 245) zufolge in der Literatur wie folgt interpretiert:

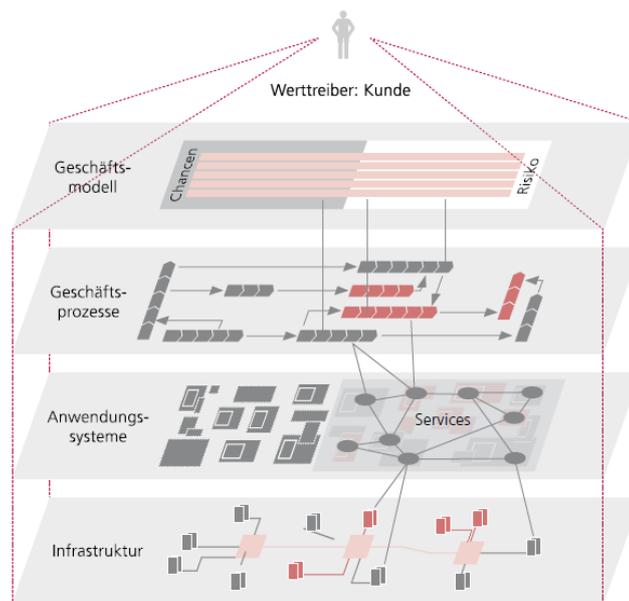
„Strategic flexibility refers to the ability to precipitate intentional changes and adapt to environmental changes through continuous changes in current strategic actions, asset deployment, and investment strategies (Aaker und Mascarenhas 1984; Bahrami 1992; Evans 1991; Harrigan 1985; Hitt et al. 1998; Sanchez 1995).”

Zahlreiche empirische Studien deuten darauf hin, dass Handlungsflexibilität einen positiven Einfluss auf die Performance von Unternehmen besitzt (u. a. Grewal und Tansuhaj 2001; Nadkarni und Narayanan 2007). Grewal und Tansuhaj (2001) stellen bspw. heraus, dass Handlungsflexibilität einen positiven Einfluss auf den Erfolg von Unternehmen hat, die unmittelbar von einer wirtschaftlichen Krise betroffen waren.

Vor diesem Hintergrund überrascht es nicht, dass das Thema Handlungsflexibilität in Krisenzeiten auch in der Wissenschaft an Bedeutung gewinnt, was sich in einer negativen Korrelation zwischen Wirtschaftswachstum und der Anzahl an Veröffentlichungen zum Thema Handlungsflexibilität feststellen lässt (Voigt 2006). So folgten auf ökonomische Krisen wie bspw. die Weltwirtschaftskrise Ende der 1920er Jahre, die beiden Ölkrisen sowie auf die New Economy Blase regelrechte Veröffentlichungs-Spitzen zum Thema Handlungsflexibilität (Voigt 2006).

Obwohl sich die Wissenschaft ausführlich mit dem Thema Handlungsflexibilität beschäftigt hat, kommen Saleh et al. (2009, S. 307) zu dem Ergebnis, dass dies bislang „kein akademisch gereiftes Konzept“ darstellt. Vielmehr wird der Begriff Handlungsflexibilität nach Meinung der Autoren mit verschiedenen Bedeutungen in Verbindung gebracht, welche abhängig von der jeweiligen Anwendungsdomäne sind: So existieren Sethi und Sethi (1990) zu Folge bspw. mehr als 50 Definitionen allein im Anwendungsbereich *manufacturing flexibility*. Dies führt die Autoren zu folgendem Schluss: „*Flexibility is a complex, multi-dimensional, and hard-to-capture concept*“ (Sethi und Sethi 1990, S. 289). Auch Golden und Powell (2000) stellen fest, dass Handlungsflexibilität nach wie vor uneinheitlich definiert ist und vergleichen die Bemühungen zur Bestimmung einer Anwendungsbereich-übergreifend gültigen Definition sogar mit der Suche nach dem Heiligen Gral.

Nach Aier und Schönherr (2003, S. 11) ist es bei der Flexibilisierung von Unternehmen notwendig, neben organisationalen Aspekten „auch die informations- und kommunikationstechnologischen Aspekte zu berücksichtigen und beide in einem integrierten Architekturmanagement-Ansatz zu verbinden.“ Um sich dem Konzept der Handlungsflexibilität im Kontext dieser Dissertation zu nähern und diese präziser untersuchen zu können, soll zunächst danach unterschieden werden, auf welchen Ebenen in Unternehmen Handlungsflexibilität auftreten und was diese dort konkret bedeuten kann. Nach Neuhuber et al. (2013) und Schober und Gebauer (2011) tritt Handlungsflexibilität insbesondere bei kapitalintensiven Investitionsentscheidungen, bei Geschäftsprozessen, im Rahmen der Infrastruktur oder bei Informationssystemen auf. Diese Unternehmensbereiche werden in Abbildung I-1 innerhalb eines Unternehmensarchitekturmodells (in Anlehnung an Buhl und Kaiser (2008)) dargestellt, welches aus den Ebenen *Geschäftsmodell*, *Geschäftsprozesse*, *Anwendungssysteme / Services* und *Infrastruktur* besteht.



**Abb. I-1: Ebenen einer Unternehmensarchitektur
(in Anlehnung an Buhl und Kaiser (2008))**

- Die Ebene *Geschäftsmodell*, welche auch als Strategie (Frank 2002; Krcmar 1999) oder Unternehmensmodell (Ferstl und Sinz 2008) bezeichnet wird, stellt die Organisation des Unternehmens aus Sicht der Unternehmensstrategie dar (Winter und Fischer 2007). Geschäftsmodelle orientieren sich dabei idealerweise am Kunden. Handlungsflexibilität auf dieser Ebene bedeutet, bei sich ändernden Kundenwünschen bzw. sich ändernder Kundennachfrage flexibel reagieren zu können und Produkte oder Dienstleistungen des Unternehmens den Kundenwünschen entsprechend zeitnah und flexibel anpassen zu können. Diese Ebene wird im Rahmen dieser Dissertation jedoch nicht fokussiert.
- Die Ebene *Geschäftsprozesse* umfasst den Ablaufplan zur Erbringung betrieblicher Leistungen gemäß dem Geschäftsmodell und spezifiziert somit die Geschäftsprozesse eines Unternehmens (Ferstl und Sinz 2008). Schonenberg et al. (2008, S. 82) unterscheiden in ihrem Beitrag „Towards a Taxonomy of Process Flexibility“ vier Arten von Handlungsflexibilität bei Geschäftsprozessen und definieren diese wie folgt:

„We distinguish **flexibility by**

design: for handling anticipated changes in the operating environment, where supporting strategies can be defined at design-time.

deviation: for handling occasional unforeseen behaviour, where differences with the expected behaviour are minimal.

***underspecification:** for handling anticipated changes in the operating environment, where strategies cannot be defined at design-time, because the final strategy is not known in advance or is not generally applicable.*

***change:** either for handling occasional unforeseen behaviour, where differences require process adaptations, or for handling permanent unforeseen behaviour.”*

Allerdings weisen Schober und Gebauer (2011) darauf hin, dass Handlungsflexibilität bei Geschäftsprozessen nur gegeben ist, wenn die zugehörigen Anwendungssysteme flexible Prozesse auch adäquat unterstützen. Dies unterstreicht die bestehenden Abhängigkeiten zwischen den Ebenen des Architekturmodells.

- Die Ebene *Anwendungssysteme / Services* beinhaltet die Anwendungs-, Daten- sowie die Kommunikationsarchitektur (Krcmar 1999). Eicker (2008) beschreibt, dass Handlungsflexibilität eine wichtige Eigenschaft von Anwendungssystemen darstellt, da diese in „immer (...) [größerem] Umfang an geänderte Geschäftsprozesse“ angepasst werden müssen (Eicker 2008, S. 1). So bringt insbesondere die zunehmende Umsetzung von Services in Unternehmen, bspw. im Kontext von Service-orientierten Architekturen (SOA) oder von Software-as-a-Service (SaaS), eine höhere Handlungsflexibilität mit sich (Krcmar 2010, S. 169).
- Die Ebene *Infrastruktur* umfasst im Wesentlichen die gesamte Hardware sowie die Netzwerke eines Unternehmens (Winter und Fischer 2007) und beschreibt, welche Informations- und Kommunikationstechnologien im Unternehmen eingesetzt werden (Krcmar 1999). Byrd und Turner (2000, S. 172) definieren Handlungsflexibilität im Rahmen der „IT infrastructure“ als Fähigkeit, verschiedene IT-Systeme einfach und schnell ausrollen bzw. unterstützen zu können. An dieser Stelle eröffnen technologische Entwicklungen wie bspw. Infrastructure-as-a-Service (IaaS) neue Flexibilitätpotenziale für Unternehmen, da diese so bspw. dynamische Ressourcenanpassungen vornehmen können (Krcmar 2010, S. 694f).

Sofern die hier beschriebene Handlungsflexibilität in den verschiedenen Ebenen nicht besteht, gilt es zu überprüfen, ob Investitionen getätigt und Projekte initiiert werden sollten, die diese Handlungsflexibilität auf den unterschiedlichen Ebenen schaffen (vgl. Abbildung I-2).

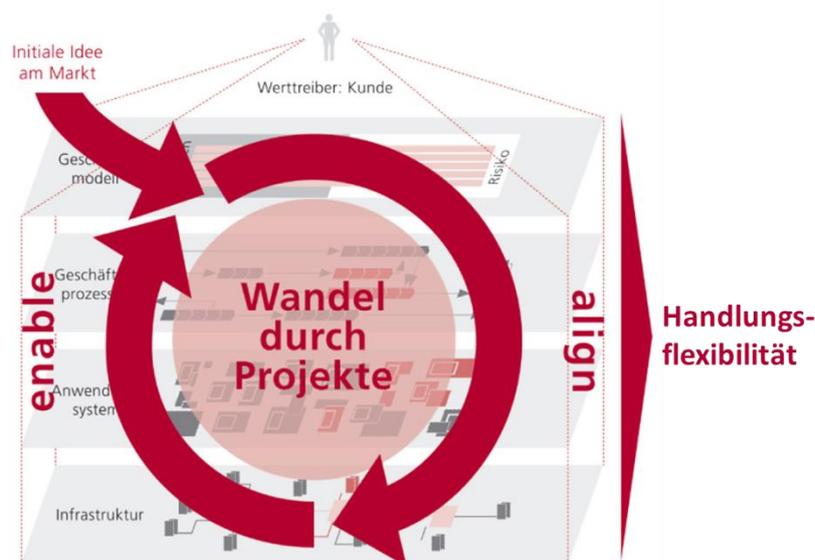


Abb. I-2: Schaffung von Handlungsflexibilität durch Projekte
(eigene Darstellung in Anlehnung an Buhl und Kaiser (2008))

Investitionen wirken sich dabei meist auf mehrere Ebenen der Unternehmensarchitektur aus. So benötigt eine Anpassung von Geschäftsprozessen oftmals auch eine Anpassung der zugehörigen Anwendungssoftware, da sich die Informationstechnologie (IT) zur Unterstützung an der Unternehmensstrategie ausrichten sollte („align“) (Krcmar 2010, S. 399). Gleichzeitig können neue Technologien auch dazu führen, dass neue Geschäftsmodelle verfolgt werden können, was weitere Investitionen mit sich bringen kann („enable“) (Krcmar 2010, S. 399).

Allerdings sind auch IT-Projekte Unsicherheiten ausgesetzt, welche – neben anderen Einflussfaktoren wie z. B. Güte des Projektmanagements – dazu führen, dass im Durchschnitt ein Sechstel aller IT-Investitionen die geplanten Auszahlungen um bis zu 200% überschreiten (Flyvbjerg und Budzier 2011). Somit ist Handlungsflexibilität auch im Zusammenhang mit der Gestaltung und Durchführung von IT-Projekten von großer Bedeutung, um negative Entwicklungen der Rahmenbedingungen vermeiden oder auf diese adäquat reagieren zu können. Herrschen bspw. noch große Unsicherheiten über zukünftige Marktentwicklungen, so können sich Unternehmen dazu entschließen, den Beginn von IT-Projekten zu verzögern (Benaroch und Kauffmann 1999; 2000). Wird ein IT-Projekt dagegen erfolgreich abgeschlossen, so können Unternehmen darauf basierende Folgeprojekte durchführen (Taudes et al. 2000). Nach Wehrmann et al. (2006, S. 235) liegen in diesem Fall „intertemporale Abhängigkeiten“ vor. Diese bestehen, „wenn bspw. ein IT-Projekt neue Konzeptionen oder Technologien für andere IT-Projekte bereitstellt (Innovationszusammenhang)“ (Wehrmann et

al. 2006, S. 235). Zudem besitzen Unternehmen die Möglichkeit, den Projektumfang je nach Projektverlauf zu erhöhen, einzuschränken oder aber das gesamte Projekt an definierten Meilensteinen abbrechen zu können (Amram und Kulatilaka 1999; Trigeorgis 1996). Der Existenz dieser Handlungsflexibilität innerhalb von Projekten sind sich einer Umfrage aus dem Jahre 2003 zu Folge in Deutschland immerhin die Hälfte der befragten Unternehmen bewusst (Vollrath 2003, S. 364).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass Handlungsflexibilität im Wesentlichen aus zwei Quellen resultiert: Zum einen können Unternehmen Handlungsflexibilität auf den oben beschriebenen Ebenen schaffen, zum anderen besitzen Unternehmen Handlungsflexibilität bei der Gestaltung und Durchführung von Projekten. Es stellt sich allerdings die Frage, wie Unternehmen diese verschiedenen Arten der Handlungsflexibilität sinnvoll bewerten und in der Investitionsentscheidung berücksichtigen können. Während Neuhuber et al. (2013) unterstellen, dass Handlungsflexibilität an sich keinen Wert besitzt, gaben einer Umfrage von Vollrath (2003, S. 368) zufolge immerhin über 90% der Befragten an, dass sie Investitionen mit höherer Handlungsflexibilität bevorzugen (Vollrath 2003, S. 368). Da jedoch traditionelle Investitionsbewertungsverfahren wie bspw. die Kapitalwertmethode nicht in der Lage sind, Handlungsflexibilität zu bewerten, wird diese heute meist nur durch Intuition und damit qualitativ in Investitionsentscheidungen berücksichtigt (Vollrath 2003, S. 366). Häufig lehnen Entscheidungsträger in Unternehmen sogar Empfehlungen ab, die aus der Anwendung von Verfahren wie bspw. der Kapitalwertmethode oder anderer „Discounted Cash Flow“ Verfahren resultieren, um strategische Überlegungen und Handlungsflexibilität in ihrer Entscheidung berücksichtigen zu können (Trigeorgis und Mason 2004, S. 47).

Um Handlungsflexibilität quantitativ bewerten zu können, schlagen zahlreiche wissenschaftliche Ansätze vor, diese explizit als Wahlrechte bzw. als Realloptionen zu modellieren (u. a. Amram und Kulatilaka 1999; Copeland und Antikarov 2003; Trigeorgis 1996). Der Realloptionsansatz hat dabei zum Ziel, die auf diskontierten Zahlungsströmen basierenden traditionellen Investitionsbewertungsverfahren um den Wert der Handlungsflexibilität zu erweitern (Trigeorgis 1996).

Vor diesem Hintergrund wird in dieser Dissertation untersucht, wie der ökonomische Wert von Handlungsflexibilität bestimmt werden kann, die auf den Ebenen der *Geschäftsprozesse*, *Anwendungssysteme / Services* oder *Infrastruktur* existiert. Nachdem die Bedeutung von Handlungsflexibilität einleitend dargestellt wurde sowie finanzwirtschaftliche Methoden zu deren Bewertung im Kontext von IT-Investitionen motiviert wurden, werden im folgenden

Abschnitt 1 die Zielsetzung sowie der Aufbau der Arbeit beschrieben. Im Anschluss daran erläutert Abschnitt 2 die fachliche Einordnung der einzelnen Beiträge und motiviert die jeweils verfolgten Forschungsfragen.

I.1 Zielsetzung und Aufbau dieser Dissertationsschrift

Ziel dieser Dissertationsschrift ist es, zu untersuchen, wie der Wertbeitrag von Handlungsflexibilität für Unternehmen bestimmt werden kann. Dazu fokussiert Kapitel II die Ebene der *Geschäftsprozesse*, wohingegen Kapitel III die Ebenen *Anwendungssoftware / Services* und *Infrastruktur* adressiert. Die folgende Abbildung I-3 strukturiert die verfolgten Ziele und veranschaulicht den Aufbau der Arbeit:

I. Einleitung	
Ziel I.1:	Darstellung der Zielsetzung und des Aufbaus der Arbeit
Ziel I.2:	Fachliche Einordnung und Motivation der zentralen Forschungsfragen
II. Bewertung von Handlungsflexibilität bei der Prozessgestaltung (B1)	
Ziel II.1:	Entwicklung eines formalen Bewertungsschemas zur Bewertung alternativer Prozessdurchläufe
Ziel II.2:	Bestimmung des ökonomischen Werts von Handlungsflexibilität, welche durch alternative Durchführungspfade bei Geschäftsprozessen entsteht
III. Bewertung von Handlungsflexibilität bei IT-Investitionen (B2, B3 und B4)	
Ziel III.1:	Analyse der Zulässigkeit der Anwendung des Realloptionsansatzes zur monetären Bewertung von Handlungsflexibilität bei verschiedenen Arten von IT-Investitionen
Ziel III.2:	Erweiterung des Black-Scholes Modells (BSM) um die Berücksichtigung projektspezifischer Risiken bei der Bewertung von Handlungsflexibilität bei IT-Investitionen
Ziel III.3:	Darstellung der Auswirkungen projektspezifischer Risiken auf Ertrag und Risiko von IT-Investitionen im Vergleich zur herkömmlichen Anwendung des BSM
Ziel III.4:	Entscheidungstheoretisch fundierte Integration von Ertrag und Risiko zu einem konkreten Wertbeitrag für IT-Investitionen unter Berücksichtigung der Risikoeinstellung des Entscheiders
Ziel III.5:	Darstellung der konkreten Bestimmung des Wertbeitrags in der Praxis

IV. Fazit und Ausblick	
Ziel IV.1:	Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse
Ziel IV.2:	Aufzeigen künftigen Forschungsbedarfs

Abb. I-3: Aufbau und Ziele der Dissertationsschrift

I.2 Fachliche Einordnung und fokussierte Forschungsfragen

Die in dieser Arbeit enthaltenen Beiträge lassen sich wie in Abbildung I-4 dargestellt den beschriebenen Ebenen wie folgt zuordnen:

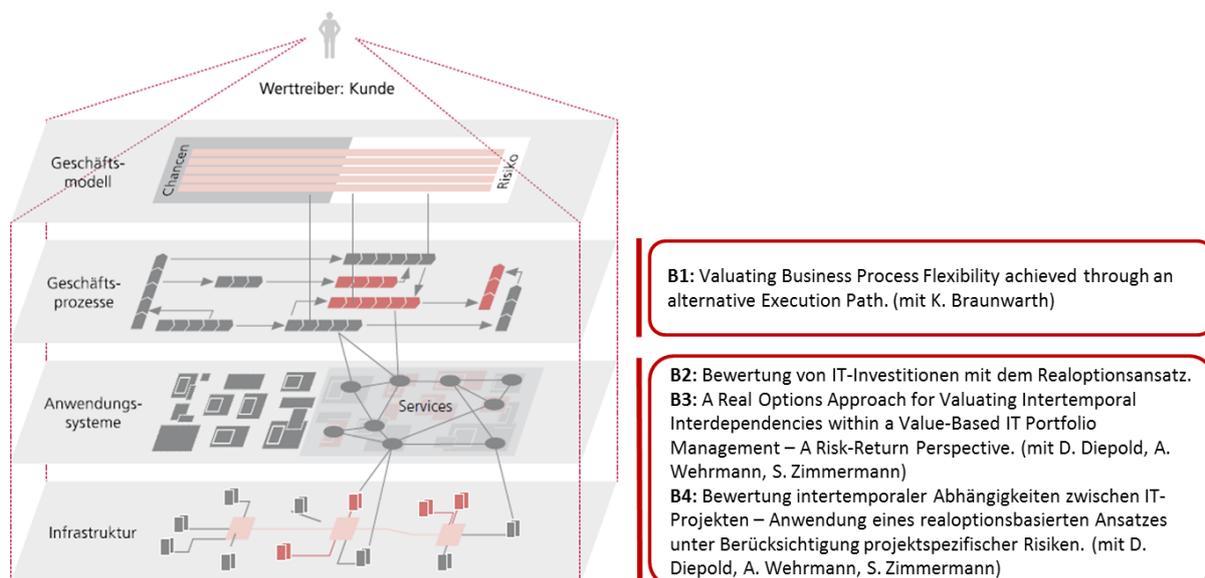


Abb. I-4: Wissenschaftliche Beiträge im Forschungskontext

I.2.1 Kapitel II: Bewertung von Handlungsflexibilität bei der Prozessgestaltung (Beitrag 1)

Kapitel II fokussiert die Ebene *Geschäftsprozesse* und untersucht, welchen ökonomischen Wert es für Unternehmen haben kann, Handlungsflexibilität durch eine Umgestaltung der Geschäftsprozesse zu schaffen. Betrachtet wird die Bereitstellung eines alternativen Durchführungspfades zur flexiblen Planung der Abarbeitung von Prozessinstanzen. Dies ist insbesondere für Unternehmen relevant, deren Auslastung von unsicherer Markt- bzw. Kundennachfrage abhängt. Diese Unsicherheit schlägt sich in einer schwankenden Prozessauslastung nieder und erschwert die Kapazitätsplanung hinsichtlich der eingesetzten

Ressourcen (wie bspw. Personal). Geht man von fixen Kapazitäten aus, kommt es abhängig von der Marktnachfrage zu einer Überlastung oder zu einer Unterbeschäftigung, was entweder einen Arbeitsrückstand oder Leerzeiten nach sich zieht. Insbesondere bei Prozessen, an deren Anfang und Ende der Kunde steht („end-to-end“-Prozesse), führt ein hoher Arbeitsrückstand aufgrund der längeren Wartezeit der Kunden zu steigender Unzufriedenheit und damit potenziell zu einer höheren Abwanderungsbereitschaft (Braunwarth et al. 2010). Dementsprechend gilt es Möglichkeiten zu identifizieren, solche „end-to-end“-Prozesse derart flexibel zu gestalten, dass hohe Arbeitsrückstände vermieden werden können. Allerdings gibt es in der wissenschaftlichen Literatur nur wenige Ansätze, welche darauf abzielen, Handlungsflexibilität bei der Prozessdurchführung ökonomisch zu bewerten. Vielmehr werden nicht-ökonomische Aspekte wie bspw. Prozessdurchläufe, Prozessqualität oder Prozessverlässlichkeit fokussiert (Balasubramanian und Gupta 2005). Beitrag 1 greift diese Fragestellung auf und untersucht, welchen Wert es für ein Unternehmen haben kann, einen externen Dienstleister zur Bearbeitung von Prozessaktionen einzubinden. In einem ersten Schritt werden dazu die mit den unterschiedlichen Durchführungspfaden verbundenen Zahlungsströme bestimmt. Anschließend wird ein ökonomisches Modell entwickelt, welches den ökonomischen Trade-Off zwischen dem potenziellen monetären Schaden resultierend aus der Abwanderung von Kunden und den zusätzlichen Auszahlungen für eine externe Bearbeitung von Prozessinstanzen berücksichtigt. Letztendlich kann der daraus resultierende ökonomische Wert der Handlungsflexibilität mittels einer Simulation bestimmt werden. Der Beitrag adressiert damit folgende Forschungsfragen:

- F. 1.1 Wie kann der Wert eines Prozessdurchlaufs in Abhängigkeit des gewählten Durchführungspfades bestimmt werden?
- F. 1.2 Welchen Wert besitzt Handlungsflexibilität, welche durch einen alternativen Durchführungspfad bei Geschäftsprozessen entsteht, für Unternehmen?

I.2.2 Kapitel III: Bewertung von Handlungsflexibilität bei IT-Investitionen (Beiträge 2, 3 und 4)

Kapitel III fokussiert die Anwendung des Realloptionsansatzes zur Bewertung von Handlungsflexibilität bei IT-Investitionen. Wie eingangs geschildert stellt der Realloptionsansatz ein in der Literatur verbreitetes und kontrovers diskutiertes Verfahren zur Bewertung von Handlungsflexibilität im genannten Kontext dar. Aufgrund der Analogie von Finanz- und Realloptionen werden oftmals Optionsbewertungsverfahren, die ursprünglich zur

Bewertung von Finanzoptionen entwickelt worden sind, zur monetären Bewertung der Handlungsflexibilität im Kontext von IT-Investitionen angewendet. Kritiker argumentieren jedoch, dass die den Optionsbewertungsverfahren zugrundeliegenden Annahmen bei realen Investitionen nicht erfüllt sein können und diese Bewertungsverfahren daher nicht angewendet werden dürfen (Kruschwitz 2011). Mittels einer strukturierten Literaturanalyse zeigt Beitrag 2 daher zunächst auf, inwiefern wissenschaftliche Beiträge, die Handlungsflexibilität im Kontext von IT-Investitionen anhand des Realloptionsansatzes monetär bewerten, diese zum Teil kritischen Annahmen diskutieren bzw. diese durch Modellerweiterungen adressieren. Es werden dabei folgende Forschungsfragen untersucht:

- F. 2.1 Welche Arten von IT-Investitionen werden in der wissenschaftlichen Literatur anhand des Realloptionsansatzes monetär bewertet?
- F. 2.2 Wie adressieren Autoren, die den Realloptionsansatz zur Bewertung von Handlungsflexibilität im Kontext von IT-Investitionen anwenden, die Annahmen dieser Verfahren im jeweiligen Bewertungskontext?

Anschließend greift Beitrag 3 die Fragestellung auf, inwiefern der Realloptionsansatz zur Bewertung von Investitionen in die IT-Infrastruktur, welche oftmals durch intertemporale Abhängigkeiten gekennzeichnet sind, angewendet werden kann. Intertemporale Abhängigkeiten werden häufig als Wachstumsoptionen modelliert. Dabei wird unterstellt, dass ein Unternehmen die Möglichkeit besitzt, nach dem erfolgreichen Abschluss eines Infrastrukturprojekts darauf aufbauende Folgeprojekte durchzuführen. Die Bewertung dieser Folgeprojekte mittels traditioneller Optionsbewertungsverfahren wie bspw. dem Black-Scholes Modell (Black und Scholes 1973) oder dem Binomialmodell (Cox et al. 1979) basiert auf der restriktiven Annahme, dass ein vollständiger Markt existiert und die Bewertung auf Basis von Marktinstrumenten erfolgt. Somit fließen lediglich Marktrisiken in die Bewertung ein, wohingegen projektspezifische Risiken in der Bewertung nicht berücksichtigt werden können (Smith und Nau 1995). Zudem wird bei der alleinigen Anwendung von traditionellen Optionsbewertungsverfahren Risikoneutralität des Entscheiders unterstellt. Allerdings führen insbesondere projektspezifische Risiken, wie bspw. Budgetüberschreitungen, sich ändernde Anforderungen oder aber Qualitätsmängel, zum Scheitern von IT-Projekten (ITGI 2011), weshalb diese im Rahmen der Investitionsbewertung ebenfalls zu berücksichtigen sind. Ungeachtet dieser Tatsache wenden zahlreiche wissenschaftliche Beiträge dennoch ausschließlich traditionelle Optionsbewertungsverfahren zur Bewertung von IT-Investitionen an und blenden damit projektspezifische Risiken implizit aus (u. a. Bardhan et al. 2004; Ji 2010;

Kim 2008; Miller et al. 2004). Balasubramanian et al. (2000) dagegen unterscheiden explizit zwischen Marktrisiken und projektspezifischen Risiken. Um beide Risikotypen berücksichtigen zu können, erweitern die Autoren das diskrete Binomialmodell um ein Entscheidungsbaumverfahren, das eine subjektive Bewertung projektspezifischer Risiken ermöglicht. Beitrag 3 verfolgt ein ähnliches Vorgehen, indem das stetige Black-Scholes Modell derart erweitert wird, dass projektspezifische Risiken ebenfalls berücksichtigt werden können. Anschließend wird im Beitrag herausgearbeitet, wie sich die Berücksichtigung von projektspezifischen Risiken auf das Ergebnis der Investitionsbewertung insgesamt auswirkt. Dabei untersucht Beitrag 3 die folgenden Forschungsfragen:

- F. 2.3 Wie können projektspezifische Risiken im Rahmen der Bewertung von Handlungsflexibilität bei IT-Investitionen mittels des Black-Scholes Modells berücksichtigt werden?
- F. 2.4 Wie wirken sich projektspezifische Risiken auf den Optionswert und damit auf die Investitionsentscheidung aus?

Wie beschrieben setzt die Bewertung von Optionen anhand von traditionellen Optionsbewertungsverfahren Risikoneutralität des Entscheiders voraus. Aus diesem Grund greift Beitrag 4 die zentralen Erkenntnisse aus Beitrag 3 auf und erweitert die Investitionsbewertung explizit um die Risikoeinstellung des Entscheiders. In Beitrag 4 wird somit ein Entscheidungskalkül entwickelt, das eine integrierte Betrachtung von Ertrag und Risiko der IT-Investition zur Ermittlung des Wertbeitrags erlaubt. Da projektspezifische Risiken sowohl den Ertrag als auch das Gesamtrisiko von IT-Investitionen beeinflussen, wird ein nutzentheoretisch fundiertes Entscheidungskalkül angewendet, womit die Risikoeinstellung des Entscheiders in die Bestimmung des Wertbeitrags einfließt. Darüber hinaus wird die Anwendbarkeit dieses Kalküls anhand eines realen Fallbeispiels demonstriert. Insgesamt fokussiert Beitrag 4 damit die folgenden Forschungsfragen:

- F. 2.5 Wie beeinflussen projektspezifische Risiken den Ertrag und das Risiko von IT-Investitionen?
- F. 2.6 Wie wirken sich projektspezifische Risiken unter Berücksichtigung der Risikoeinstellung des Entscheiders auf die Investitionsentscheidung aus?
- F. 2.7 Wie lassen sich intertemporale Abhängigkeiten bei IT-Projekten in der Praxis bewerten?

I.2.3 Kapitel IV: Fazit und Ausblick

Abschließend werden in Kapitel IV die wesentlichen Erkenntnisse dieser Dissertationsschrift zusammengefasst sowie ein Ausblick auf künftigen Forschungsbedarf gegeben.

I.3 Literatur

Aaker DA, Mascarenhas B (1984) The Need for Strategic Flexibility. *Journal of Business Strategy* 5(2):74-82

Aier S, Schönherr M (2003) *Enterprise Application Integration – Flexibilisierung komplexer Unternehmensarchitekturen*. 1. Auflage, Gito-Verlag, Berlin, Deutschland

Amram M, Kulatilaka N (1999) *Real Options – Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. 1. Auflage, Harvard Business School Press, Boston, USA

Arrow KJ (1951) Alternative Approaches to the Theory of Choice in Risk-taking Situations. *Econometrica* 19(4):404-437

Bahrami H (1992) The Emerging Flexible Organization: Perspectives from Silicon Valley. *California Management Review* 34(4):33-52

Balasubramanian S, Gupta M (2005) Structural metrics for goal based business process design and evaluation. *Business Process Management Journal* 11(6):680-694

Balasubramanian P, Kulatilaka N, Storck J (2000) Managing information technology investments using a real-options approach. *Journal of Strategic Information Systems* 9(1):39-62

Bardhan I, Bagchi S, Sougstad R (2004) Prioritizing a Portfolio of Information Technology Investment Projects. *Journal of Management Information Systems* 21(2):33-60

Benaroch M, Kauffman RJ (1999) A Case for Using Real Options Pricing Analysis to Evaluate Information Technology Project Investments. *Information Systems Research* 10(1):70-86

Benaroch M, Kauffman RJ (2000) Justifying electronic banking network expansion using real options analysis. *MIS Quarterly* 24(2):197-225

Bernoulli D (1738) *Specimen Theoriae Novae de Mensura Sortis*. *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, Tomus V:175-192

Black F, Scholes M (1973) The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy* 81(3):637-654

Braunwarth K, Kaiser M, Müller AL (2010) Economic Evaluation and Optimization of the Degree of Automation in Insurance Processes. *Business & Information Systems Engineering* 2(1):29-39

Flyvbjerg B, Budzier A (2011) Why your IT Project may be riskier than you think. *Harvard Business Review* 89(9):23-25

Buhl HU, Kaiser M (2008) Herausforderungen und Gestaltungschancen aufgrund von MiFID und EU-Vermittlerrichtlinie in der Kundenberatung. *Zeitschrift für Bankrecht und Bankwirtschaft* 20(1):43-51

Byrd TA, Turner ED (2000) An exploratory analysis of the information technology infrastructure flexibility construct. *Journal of Management Information Systems* 17(1):167-208

Copeland TE, Antikarov V (2003) *Real Options – A Practitioner's Guide*. 1. Auflage, Cengage Learning, New York, USA

Cox JC, Ross SA, Rubinstein M (1979) Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics* 7(3):229-263

Eicker S (2008) Vorwort: Software-Produktmanagement für flexible Anwendungssysteme. *Proceedings der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI)*, München, Deutschland

Evans S (1991) Strategic flexibility for high technology maneuvers. *Journal of Management Studies* 28(1):69–89

Ferstl OK, Sinz EJ (2008) *Grundlagen der Wirtschaftsinformatik*. 6. Auflage, Oldenbourg, München, Deutschland

Frank U (2002) Multi-Perspective Enterprise Modeling (MEMO) - Conceptual Framework and Modeling Languages. *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, Big Island, USA

Golden W, Powell P (2000) Towards a Definition of Flexibility: in Search of the Holy Grail?. *Omega* 28(4):373-384

Grewal R, Tansuhaj P (2001) Building Organizational Capabilities for Managing Economic Crisis: The Role of Market Orientation and Strategic Flexibility. *Journal of Marketing* 65(2):67-80

-
- Harrigan KR (1985) *Strategic Flexibility: A Management Guide for Changing Timing*. 1. Auflage, Lexington Books, Lexington, USA
- Hitt M, Keats B, DeMarie S (1998) Navigating in the new competitive landscape: building strategic flexibility and competitive advantage in the 21st century. *Academy of Management Executive* 12(4):22–43
- ITGI (2011) *Global Status Report on the Governance of Enterprise IT (GEIT)*. <http://www.isaca.org/Knowledge-Center/Research/Documents/Global-Status-Report-GEIT-10Jan2011-Research.pdf>, Abruf am 05.06.2013
- Ji Y (2010) Incorporating Knowledge Building in Real Options Analyses of Technology Project Investment. *Proceedings of the 31st International Conference on Information Systems (ICIS)*, St. Louis, USA
- Kim HJ (2008) Real Options: Strategic Technology Migration Options in Wireless Industry. *Proceedings of the 14th American Conference on Information Systems (AMCIS)*, Toronto, Kanada
- Krcmar H (1999) Bedeutung und Ziele von Informationssystemarchitekturen. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 32(5):395-402
- Krcmar H (2010) *Informationsmanagement*. 5. Auflage, Springer, Heidelberg, Deutschland
- Kruschwitz L (2011) *Investitionsrechnung*. 13. Auflage, Oldenbourg, München, Deutschland
- Miller L, Choi SH, Park CS (2004) Using an Options Approach to Evaluate Korean Information Technology Infrastructure. *The Engineering Economist* 49(3):199-219
- Nadkarni S, Narayanan VK (2007) Strategic Schemas, Strategic Flexibility, and Firm Performance: the Moderating Role of Industry Clockspeed. *Strategic Management Journal* 28(3):243-270
- Nandakumar MK, Jharkharia S, Nair A (2013) Environmental Uncertainty and Flexibility. *Global Journal of Flexible Systems Management* 13(3):121-122
- Neuhuber L, Krause F, Röglinger M (2013) Flexibilization of Service Processes: Toward an Economic Optimization Model. *Proceedings of the 21st European Conference on Information Systems (ECIS)*, Utrecht, Niederlande

Saleh JH, Mark G, Jordan NC (2009) Flexibility: A Multi-Disciplinary Literature Review and a Research Agenda for Designing Flexible Engineering Systems. *Journal of Engineering Design* 20(3):307-323

Sanchez R (1995) Strategic flexibility in product competition. *Strategic Management Journal* 16(S1):135-159

Schneeweiß H (1967) *Entscheidungskriterien bei Risiko*. 1. Auflage, Springer, Berlin, Deutschland

Schober F, Gebauer J (2011) How much to spend on flexibility? Determining the value of information system flexibility. *Decision Support Systems* 51(3):638-647

Schonenberg H, Mans R, Russell N, Mulyar N, Van Der Aalst WMP (2008) Towards a Taxonomy of Process Flexibility. *Proceedings of the CAiSE'08 Forum*, Montpellier, Frankreich

Sethi A, Sethi S (1990) Flexibility in Manufacturing: A Survey. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems* 24(2):289-328

Smith JE, Nau RF (1995) Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis. *Management Science* 41(5):795-816

Taudes A, Feurstein M, Mild A (2000) Options Analysis of Software Platform Decisions: A Case Study. *MIS Quarterly* 24(2):227-243

Trigeorgis L (1996) *Real Options: Management Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. 1. Auflage, MIT Press, Cambridge, USA

Trigeorgis L, Mason SP (2004) Valuing Managerial Flexibility. In: Schwartz ES, Trigeorgis L (Hrsg) *Real Options and Investment under Uncertainty – Classical Readings and Recent Contributions*, 47-60

Voigt K (2006) Zeit und Zeitgeist in der Betriebswirtschaftslehre – dargestellt am Beispiel der betriebswirtschaftlichen Flexibilitätsdiskussion. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 77(6):595-613

Vollrath R (2003) Die Berücksichtigung von Handlungsflexibilität bei Investitionsentscheidungen. In: Hommel U, Scholich M, Baecker P (Hrsg) *Reale Optionen – Konzepte, Praxis und Perspektiven strategischer Unternehmensfinanzierung*, 341-373

Wehrmann A, Heinrich B, Seifert F (2006) Quantitatives IT-Portfoliomanagement: Risiken von IT-Investitionen wertorientiert steuern. WIRTSCHAFTSINFORMATIK 48(4):234-245

Winter R, Fischer R (2007) Essential Layers, Artifacts, and Dependencies of Enterprise Architecture. Journal of Enterprise Architecture 3(2):7-18

II Bewertung von Handlungsflexibilität bei der Prozessgestaltung

II.1 Beitrag 1: „Valuating Business Process Flexibility achieved through an alternative Execution Path“

Autoren:	Kathrin Braunwarth, Christian Ullrich Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement, Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik, Informations- & Finanzmanagement (Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl) Universität Augsburg, D-86135 Augsburg christian.ullrich@wiwi.uni-augsburg.de
Erschienen 2010 in:	Proceedings of the 18th European Conference on Information Systems (ECIS), Pretoria, Südafrika

Zusammenfassung:

In this paper we contribute to the research on the valuation of business process flexibility. This flexibility provides the ability for companies to select the most appropriate execution path for each process instance at runtime from alternative execution paths. Therefore, we introduce a model to calculate the value of flexibility, which a company gains by embedding an external service provider that can execute arriving process instances. It is the flexibility to choose whether it is more lucrative to execute a process instance internally or externally depending on the current work load in the process. We determine the value of this flexibility and present the results of a simulation by an example taken from the claim handling process of a German Insurance company. Besides practical implications, our results contribute to research on business process flexibility as they show a way to monetarily value flexibility.

II.1.1 Introduction

“The only constant thing is change.” The Greek philosopher Heraklit coined that saying hundreds of years ago, and today change is still one of the major issues that companies have to deal with. Rapid environmental changes, changing regulations, technological progress, and

changing customer requirements (to name only a few) are typical changes that affect business of companies. In order to successfully cope with those changing circumstances companies must be able to quickly and correctly adjust their business model or business strategy to their environmental situation. This ability is called flexibility (Golden and Powell 2000). Especially in times of economic crises flexibility draws a lot of attention, since correctly reacting to exceptional circumstances is a major – sometimes even infeasible – challenge for most of the companies. It turned out that companies that prove to have a good level of flexibility rather succeed in those challenging situations (Grewal and Tansuhaj 2001). But it is important to keep in mind that flexibility is not just “some good” that a company has unlimited access to; flexibility rather needs to be actively established through setting up suitable resources as well as capable organizational structures, business processes, and information systems (Gebauer and Schober 2006). Since any given business model is realized by defining and executing its related business processes, companies need to design flexible business processes in order to run a flexible business. Boynton (1993) states that in order to compete effectively, companies also have to establish flexible, cross-organizational information processing capabilities, which means that flexibility does not necessarily need to be based within a company, it can also stem from external service providers and thus from outsourcing.

According to the World Insurance Report 2009, especially insurance companies face the major common challenge of inflexible business processes (Capgemini 2009, p. 42). Therefore, IBM particularly addresses the need for process flexibility in the Insurance Process Acceleration Framework, which states that in order to achieve process flexibility, companies have to “streamline their core processes across organizational boundaries” (IBM 2009, p. 7). With this in mind it is no surprise that about 4 billion US Dollars were spent for business process outsourcing in the US insurance industry in 2008 and almost two thirds of US insurance companies were already involved in business process outsourcing activities. Knowing this, one has to ask the following question: Should companies actively invest into the creation of flexibility through outsourcing business processes? In order to be able to answer this question and thus to decide on an investment that provides flexibility through outsourcing, companies need to find ways to determine the value they can obtain from flexibility. But as of today, companies have no means to do so (Gebauer and Schober 2006, p. 124).

Due to this dilemma we introduce an approach that determines the value of flexibility. We thereby focus on business process flexibility that a company can create by embedding an external service provider, which can execute arriving process instances. The company then has

the flexibility to choose whether a process instance is executed internally or externally – whatever is more efficient for the company. Finally, we are able to show that an initial investment in the creation of flexibility is likely to pay off in case that the arrival of process instances is highly volatile.

The paper is structured as follows: In chapter 2 we provide an overview on related work regarding process flexibility. Furthermore, requirements for the valuation of business process flexibility will be derived. In chapter 3 we develop an approach, which is based on our requirements and that provides a way to determine the economic value of flexibility that a company can obtain through embedding an external service provider. To exemplify the adaptability of this approach in practice, chapter 4 demonstrates its application with a cutout of the process for handling claims at a German insurance company. Chapter 5 concludes the paper with a summary of the main results as well as a critical reflection on our approach.

II.1.2 Literature Survey and Research Question

The concept of flexibility has been thoroughly analyzed for several decades – especially in the field of manufacturing (e. g. Sethi and Sethi 1990, Gupta 1993, Vokurka and O’Leary-Kelly 2000). Thereby, even the process of determining a consistent definition of the term “flexibility” was compared to the search of the Holy Grail (Golden and Powell 2000).

In the field of business process management, flexibility has also been a widely discussed topic. Especially research papers that deal with work flow management systems discussed the necessity of flexibility (Agostini and De Michelis 2000, Heintz et al. 1999, van der Aalst and Basten 2002). Since there is a huge variety of approaches that try to integrate flexibility in workflow management systems, Schonenberg et al. (2008) provide a comprehensive classification of these approaches and thereby focus on the type of flexibility considered in these papers. The authors finally derive four types of flexibility, i. e. flexibility by change, flexibility by deviation, flexibility by underspecification, and flexibility by design. In this paper we will focus on the latter one, since it exactly matches the type of flexibility that we are considering in this paper. Flexibility by design is defined as “ability to incorporate alternative execution paths within a process definition at design time such that selection of the most appropriate execution path can be made at runtime for each process instance” (Schonenberg et al. 2008, p. 4). It further requires the process definition to take place at design time.

So in other words if a company wants to implement this type of flexibility to face a lack of planning reliability arising from uncertain and highly volatile future business process loads in

existing business processes, it has to create alternative execution paths. This could be done by embedding an external service provider, who is able to execute some of those process instances. But before this additional execution path can be utilized, investments into the creation of an interface between the company and the external service provider must be made. So in order to correctly decide about a process design that involves an external service provider, companies must determine the value they obtain from flexible business processes and ask themselves: What is flexibility worth? Answering this question in turn requires companies to have the right methods to determine the value they obtain from that flexibility. The next chapter provides an overview on approaches that value flexibility.

II.1.2.1 Status Quo of Flexibility Valuation

Although business process flexibility is widely considered a precious property, as of today, there is only little research on its actual valuation. The valuation of manufacturing flexibility, however, is a well researched topic. This is why we will also take these approaches into consideration, when we take a closer look on existing approaches for the valuation of flexibility.

De Toni and Toncha (1998) take a closer look at the measurement of manufacturing flexibility. They categorize three types of measurement: direct, indirect, and synthetic. Direct measurements refer on the one hand to the valuation of flexibility as options and therefore measurement in terms of probabilities (Stockton and Bateman 1995). Indirect measurements may be economic measures, i. e. valuation approaches based on cash flows, as described by Gupta (1993). Synthetic measurements aggregate elementary measures regarding different types of flexibility of machines and are promoted by e. g. Tonchia (1995) as well as Brill and Mandelbaum (1989).

However, only recently the attention of researchers has been drawn to flexibility in business processes. Hence, the first, very few approaches are arising that specifically address the valuation of business process flexibility, e. g. Schober and Gebauer (2008). The authors use a combination of decision tree analysis and real options theory to determine by means of a Lorenz curve how much a company should spend on the flexibility of its Information System. The authors take non-specific cost factors of processes, their supporting Information Systems, and their flexibility into account. However, they only provide a high level perspective. In addition to that, the model does only include deterministic scenarios. However, for a practical measurement of the value of flexibility non-deterministic scenarios should also be considered. Other approaches at least evaluate business processes on a monetary basis, like e. g. Braunwarth

et al. (2010). The authors determine the optimal level of automation for a business process based on a cash flow analysis. Balasubramanian and Gupta (2005) introduce a metric to evaluate process designs in terms of process performance in their approach. Kueng and Kawalek (1997) and Nissen (1994) also focus on process performance only.

In conclusion we have to retain that the valuation of flexibility is relatively well researched in the area of manufacturing. The discussion about the valuation of business process flexibility however is still at the beginning. Therefore, our paper will make a contribution to a nearly unexplored field of research and answer the question, how business process flexibility can be valued in order to provide a basis for a company's decision about actively investing into the creation of flexibility.

But before we develop our approach, we will first derive requirements that such a valuation approach must meet in order to provide a correct valuation.

II.1.2.2 Requirements for the Valuation of Business Process Flexibility

As we mentioned earlier, we need to make a decision about an investment that extends a business process by flexibility. This requires an ex-ante valuation of the resulting business process flexibility in order to provide a basis for the investment decision. The value of the investment into flexibility must therefore be expressed in monetary terms (Gupta 1993), so we obtain a valid basis for the investment decision. Since the monetary impacts of flexibility (i. e. outsourcing of process instances) occur at an arbitrary time in the future, we also have to consider an adequate time horizon. This leads to the first requirement:

(R1) The valuation must be based on future cash flows.

The consideration of future cash flows requires us to focus on the cash inflows as well as on the cash outflows of business processes. Cash outflows usually stem from the manual execution of process instances (e. g. salaries or costs for external service providers). So we can note that execution costs are one major factor that affects the considered cash flows.

Another source for cash outflows as well as cash inflows are potential follow-up costs that are linked to the execution of a process instance. This could be for example cash outflows for the settlement of a claim or cash inflows from the sale of products to a customer (Braunwarth et al. 2010). These cash flows will be referred to as direct process-outcomes throughout this paper.

Furthermore, the quality of the process influences the quality of the output and thus the satisfaction of the customers (Adenso-Diaz et al. 2002). Customers that are dissatisfied are

likely to purchase at a lower rate, whereas satisfied customers are likely to purchase at a higher rate. Furthermore, customer satisfaction is one of the most important contributors to customer lifetime value (Ho et al. 2006). In other words: the quality of the execution of a business process can have long-term consequences on the customer behavior, which can be expressed as a cash flow that affects a company's value. Therefore, these cash flows (indirect process-outcomes) must also be included in the valuation of business processes. This leads to our second requirement, which is similar to requirement (R5) in Braunwarth et al. (2010):

(R2) The valuation of business processes must factor execution costs, direct process-outcomes, and indirect process-outcomes.

Furthermore, the process instances (e. g. customer requests) are unlikely to be identical and thus homogenous. Therefore, we postulate the following requirement:

(R3) Heterogeneous process instances must be considered within one business process.

It is important to note that heterogeneity is assumed in regard to specific characteristics of the process instances, but they are still instances of the same process. That means for example in an insurance context that process instances can be distinguished by a different loss amount, although the expected time to execute a specific process activity is the same for each instance. If the process instances were completely different, they could not be executed within the same business process.

If the considered business process has interfaces to customers, its execution is usually triggered by a customer request. The amount of requests as well as the arrival time of each request is therefore unknown and random. This randomness heavily affects the execution of the business process, because the more volatile the amount and/or arrival time of requests is, the more complex becomes the planning of the required resources. Insurance companies for example have a peak of customer requests for adjustments of claims after stormy weather or heavy snow. This uncertainty creates the need for flexible process execution in terms of flexibility by design as described above.

(R4) The valuation approach accounts for volatile arriving rates of the process instances.

After deriving these four requirements from the literature, we will now develop an approach that is based on the requirements mentioned above and that will value business process flexibility.

II.1.3 Valuation of Business Process Flexibility

In this chapter we introduce an inflexible business process and discuss how it can be evaluated considering the requirements derived in the previous chapter. After that, we extend this business process by embedding flexibility through the integration of an external service provider that creates an alternative execution path. Finally, we derive a method to determine the value of that additional flexibility.

II.1.3.1 Initial Situation

The basis for the following consideration is a semi-formal model of a business process in a company. This business process is an end-to-end process, which means that the first and the last activity of this process possess interfaces with customers, so the arrival of process instances is triggered by customer requests. For simplicity reasons our model will only focus on one activity of a business process. In order to be able to develop our approach we need a basis of assumptions. Thereby, we assure that these assumptions match the requirements derived above.

R1 & R2: Valuation based on cash flows & Integration of execution costs, direct and indirect process-outcomes

The company faces cash outflows ($E_f \in]-\infty; 0]$) for the execution of each process instance f . These mainly include salaries and wages for the employees involved in the execution. Overhead costs or costs for material will be neglected at this point. Thus we assume:

(A1) *Each process instance f is executed by exactly one employee $r \in R$. The expected execution time for f is denoted by e_f and is compensated with wage rate z .*

According to (A1) the cash outflow for executing the process instance (E_f) can be determined by:

$$(1) \quad E_f = -e_f \cdot z$$

The employees get also paid for idle times, i. e. times when they are not busy working on process instances. These costs are not considered within this model since we are only focusing on the process execution itself.

(A2) *Each employee r has a total working time $T_{r,i}$ in any time interval $i \in I$. Within $T_{r,i}$ the employee is always busy – either with the work on the considered process instances or with other tasks that are assigned to him/her.*

As stated earlier in (R2), process instances also cause direct process-outcomes, which in turn result in cash in- or outflows for the company linked to the execution of the process instance. These direct process-outcomes are defined as:

$$(2) \quad D_f \in]-\infty; \infty[$$

On the contrary, indirect process outcomes represent the long-term effects of the execution of a process instance on the company. For these effects we assume:

(A3) *Indirect process-outcomes will be considered as changes of the customer lifetime value. These changes are expressed through cash flows, which themselves depend on the difference between the processing time $T_{p,f}$ and the expected waiting time of the customers.*

$$(3) \quad I_f(T_{p,f}) \in]-\infty; \infty[$$

Considering the cash flows (1), (2), and (3) we assure that we fulfill the requirements (R1) and (R2). The overall cash flow CF_f resulting from each process instance f can be obtained as follows:

$$(4) \quad CF_f = E_f + D_f + I_f$$

R3: Volatile arrival rate of process instances

In order to correctly value the execution of the business process (according to (R3)) we need to take the stochastic arrival rate as well as arrival time into consideration. Therefore, the business process will be modeled as a queuing system. More precisely, the business process can be considered as an M/D/1-system according to the notation developed by Kendall and extended by Taha (1992, p. 554). The first “M” means that the time between the arrivals of two process instances is exponentially distributed, whereas the “D” signifies the service time being deterministic. “1” defines the number of similar parallel operating units. Using this queuing system we can consider the volatility of the arrival rates and arrival times of the process instances now. We further assume:

(A4a) *The process instances are homogenous in terms of expected execution time as well as professional skills needed by the processors.*

(A4b) *The expected amount of process instances F_i as well as the execution time for a process instance e_i is known in any time interval $i \in I$ with length L_i .*

The arrival rate equals $\lambda_i = \frac{F_i}{L_i}$ for time interval i , the execution time $\mu_i = \frac{1}{e_i}$.

(A4c) *The amount of employees R is fixed. Every employee $r \in R$ executes maximal one process instance at the same time.*

(A4d) *In any time interval i there is an infinite waiting queue Q_i , where the process instances wait that cannot be executed. No process instance is blocked. Waiting process instances are executed according to the first in - first out principle.*

Through modeling the business process as a queuing system we assure that the volatility of the arrival rates and of the execution time are considered within the valuation of flexibility. Figure II-1 shows the business process as M/D/1-system:

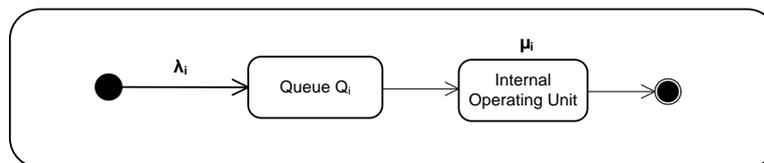


Abb. II-1: Business process as M/D/1-system

R4: Heterogeneous process instances

Due to the fact that we use a queuing system (and therefore according to (A4a)) process instances must possess certain homogenous characteristics that affect the arrival rate as well as the execution time. But characteristics that influence the process outcomes may be different without affecting the applicability of the queuing system.

Since process instances are triggered by customer requests it would be far from realistic to assume similar direct process outcomes for each process instance, especially considering examples like transaction requests or withdrawals in a bank or claim settling in an insurance company. However, the execution time for those kinds of requests can still be similar. Therefore we assume:

(A5) *Each process instance f generates individual direct process outcomes D_f .*

After these assumptions we finally provided the basis for a cash flow-based valuation of a business process. Next, we will extend this process by integrating an external service provider and we will analyze how the value of the nascent flexibility can be determined.

II.1.3.2 Integration of an External Service Provider

In order to be able to flexibly react to peaks in the workload, which are caused by the volatile arriving rate as well as the volatile execution time, the company can embed an external service provider that also executes process instances. The main objective of this integration is lowering the processing time of the process instances by reducing their waiting time. This in turn lowers the response time to customers and thus will have a positive effect on the indirect process-outcomes. The company therefore has to create an interface to that service provider. This interface defines the attributes that need to be delivered as well as determines how process instances are exchanged between the company and the service provider. The creation of the interface requires the company to identify a capable service provider and conduct a project to establish the needed functional and technical infrastructure. Given a successful project we can further assume:

(A6) *Each process instance can be executed internally (f^{in}) or externally (f^{ex}) if an interface to an external service provider is established. This interface implies upfront cash outflows K at the time of implementation. K includes all the costs arising from the identification of the external service provider as well as from the functional and technical implementation of the interface.*

Through embedding the external service provider the queuing system described above will be changed as follows: Instead of having one operating unit the company now can choose to use the second (alternative) operating unit. Consequently, the process can now be modeled as an M/D/2-system:

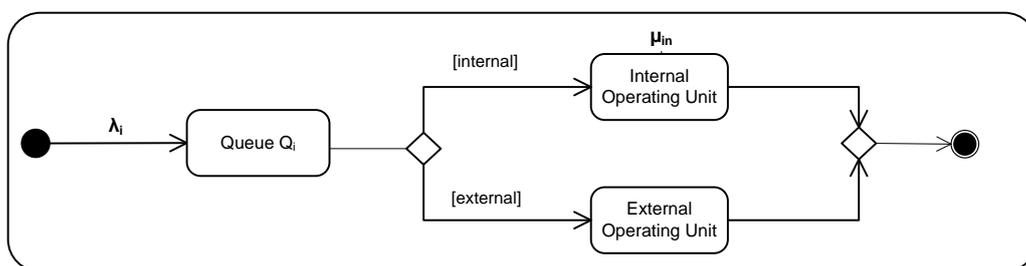


Abb. II–2: Business process as M/D/2-system

The company further has to conclude service level agreements with the external service provider in order to provide a frictionless collaboration and to protect itself against potential failures. Since these agreements include payments and penalties we assume:

(A7) *Each process instance f^x has an execution time t^{ex} , whose adherence is secured by service level agreements. The company has to pay z^{ex} for the execution of f^x to the service provider:*

$$(5) \quad E_f^{ex} = -z_f^{ex}$$

If the external service provider does not execute the process instance in time and therefore fails to fulfill the service level agreements, the processing time and thus the response time to the customer would be lengthened, which results in an cash outflow due to the indirect process-outcomes introduced above. In this case the service provider is charged with a penalty fee due to the service level agreements. For simplicity reasons we assume:

(A8) *The penalty fee equalizes the cash outflow that the company suffers due to the indirect process-outcomes.*

Each process instance induces the same direct process-outcomes regardless of the integration of an external service provider. The indirect process-outcomes are still strictly dependent on the processing time that is, however, likely to be shorter because of the integration of the external service provider. Therefore we obtain the following overall cash flow for the external execution of the process instance:

$$(6) \quad CF_f^{ex} = E_f^{ex} + D_f + I_f$$

II.1.3.3 Valuation Approach

The decision on the outsourcing of a process instance f is made immediately after its arrival. At this time, the amount of process instances that are in the queuing system is known and therefore the expected waiting time of any arriving process instance is also known. Since the company decides on a monetary basis it will source a process instance f out, if – and only if – the overall cash flow of the execution of a process instance will be increased:

$$(7) \quad CF_f^{ex} > CF_f$$

If we want to determine the value of the flexibility of a business process within a certain time period, we have to sum up the cash flows resulting from all process instances $f \in F$ for both the inflexible and the flexible business process. Furthermore, the initial costs K of implementing the interface to the external service provider also need to be considered. Thus we obtain the following equation that determines the value of business process flexibility:

$$(8) \quad X_{total} = \sum_{f=1}^F CF_f^{ex} - \sum_{f=1}^F CF_f - K$$

It is important to sum up the cash flows for all process instances separately for each alternative scenario first, before the costs for implementation of the interface K are subtracted. Otherwise one would ignore the effects the outsourcing of a process instance has on the subsequent process instances. Therefore, it is important to compare one whole scenario to the other. Due to the queuing system the value of the flexibility (equation (8)) is not analytically determinable. Therefore we describe the practical application of this approach in the next chapter and provide a solution of equation (8) through a simulation.

II.1.4 Application of the valuation approach

This chapter shows the practical implementation of our approach with the help of a real world example taken from a German insurance company. The example is structured analogously to chapter 3: first, an existing business process of the insurance company is monetarily valued. Then, a newly designed business process, which is extended by flexibility through the integration of an external service provider, is presented. Finally, the value of this flexibility is derived.

In the following we consider a cut-out of a business process for handling own-damage claims at a German car insurance company. The process instances of this strictly sequential process are triggered by the arrival of customer claims. After a breakage-of-glass claim arrived it is scanned and classified at first. Then, the extraction of the relevant data takes place in a second step followed by the check of the invoice (third process step). If it is justified, the payment of the damage is made before the claim is settled and closed.

It has always been a major (or even infeasible) challenge for the company to assign the right number of employees to the execution of the business process, because the number of arriving claims has been very volatile. Thus, the company initially decided to staff the check of invoice based on the average number of claims of previous years. Since the check of invoice is the most staff-intensive task of this process, we want to take a closer look on this action and depicture the staffing situation of this process step. Historical data showed that on average about 1,300 claims arrived per month and each took one employee on average 33 minutes to execute it. So he or she could process about 16 claims per day given an 8 hour shift. Assuming 20 workdays per month, the company finally decided to assign 4 full-time employees with the in-depth inquiry task.

Due to the volatile arrival rates and the resulting volatile utilization of the staff (i. e. either idle times or peaks in the workload) the insurance company soon realized that the current business process leaves ample space for optimization – more flexibility was needed. Peaks in the workload caused an increase of execution time and therefore of response time, which of course lowered the perceived satisfaction of customers and resulted in complaints. Therefore, the company considered the opportunity of integrating an external provider that could also execute the check of invoice in case of peaks in the workload. It was believed that the customers could be served faster through this alternative path of execution and thus the perceived service quality could be improved, which in turn would lead to a higher retention rate. Therefore the newly designed business process includes an alternate action for the third process step. It is depicted in figure II–3:

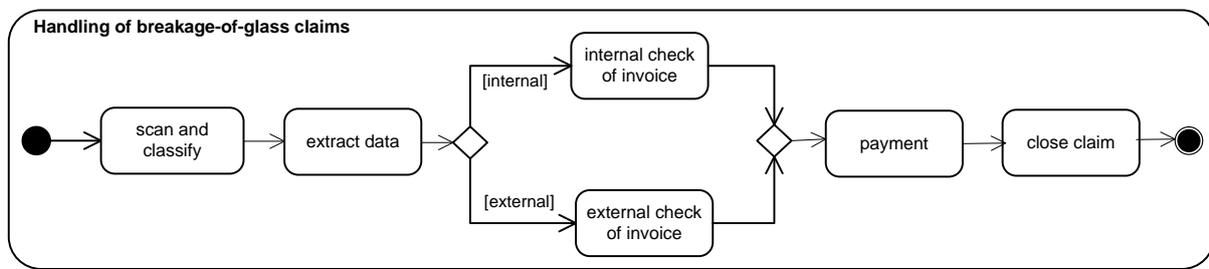


Abb. II–3: Cut-out of the newly designed Claim Management Process

The initial costs of selecting and integrating the external service provider were seen as the major obstacle of this process redesign. These costs included the selection process of a capable service provider, where longevity and trust played a crucial role. Furthermore, the functional and technical interface itself needed to be defined. A web based interface was determined to be the best solution and therefore mutual attributes (e. g. types of damage, car model codes, customer IDs, etc.) needed to be determined in order to provide a frictionless exchange of the claims. The insurance company estimated the overall costs to amount to 145,000 EUR. Given these costs, the company of course needed to determine the value they obtain through embedding this flexibility.

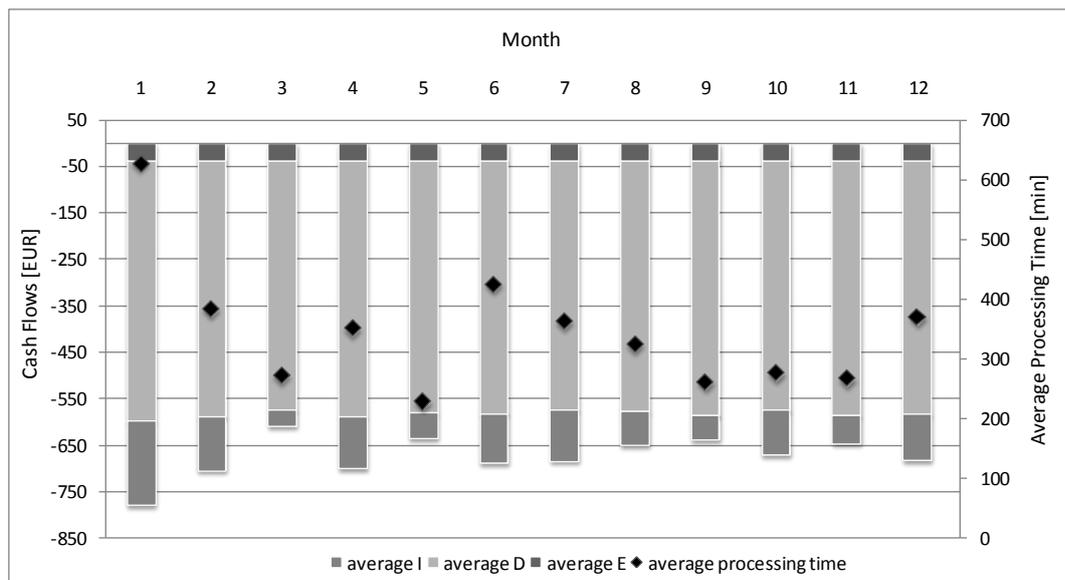
Therefore, we want to show, how – according to our approach – the value of this type of flexibility can be obtained. Due to the volatile arrival rates of the customer claims this check of invoice can also be seen as a queuing system, which has one operating unit (internal) today and two operating units (internal and external) after the redesign. We first simulate the daily arrival rate of customer claims for one year (240 work days) based on the historical data mentioned

above. After that, we determine the overall cash flow for the internal execution of the check of invoice. Finally, we take into account the external service provider and again determine the overall cash flows based on the same arrival rates.

The insurance company determined cash flows for internal execution of a claim to amount to -38.50 EUR. Through customer satisfaction studies the company found out, that customers accept waiting times for the processing of their claims up to five work days. By breaking down this number to the single process steps, the company determined the critical waiting time to be two workdays (i. e. circa 1,000 working minutes) for the check of invoice. If the waiting time goes beyond this time, customers become dissatisfied, which in turn decreases the indirect process-outcomes. If the claims on the other hand were processed faster, indirect process-outcomes would be increased.¹

The first simulation, where only an internal check of invoice was possible, showed that several claims ended up waiting up to five working-days before they were processed. This resulted in highly negative indirect process-outcomes, which made up to 50 percent of the overall cash flows. These waiting times occurred although the insurance company had enough staff to handle the average number of claims per month. According to that simulation the overall execution costs for one year amounted to -10.76 million EUR. Figure II-4 gives a monthly overview of these results we obtained:

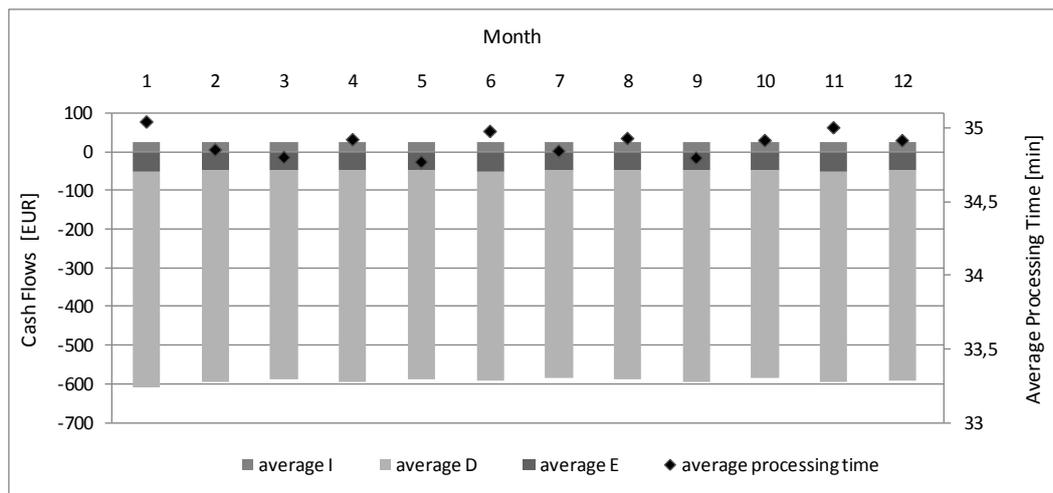
¹ In order to determine the relation between the waiting time and the indirect process-outcomes the following equation is assumed: $I = ((\mu - 1000\text{min})^{1/7} - 0.84(\mu - 1000\text{min}) + 2) * 10$. This equation was chosen due to the fact that it provides a realistic interval of direct process-outcomes for realistic waiting times. However, the determination of this function is not scope of this paper. We therefore reference to the research on customer satisfaction and customer lifetime value.



month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
number of claims	1291	1307	1414	1301	1222	1391	1377	1397	1308	1255	1377	1359
average E [EUR]	-38,41	-38,48	-38,49	-38,49	-38,49	-38,49	-38,49	-38,49	-38,49	-38,49	-38,49	-38,50
average D [EUR]	-556,95	-548,85	-533,89	-547,53	-540,69	-542,24	-534,14	-537,88	-546,37	-535,23	-545,83	-543,45
average I [EUR]	-182,28	-115,72	-36,22	-113,37	-55,13	-106,63	-110,06	-73,05	-52,35	-96,20	-60,78	-99,89
average process-cash flow [EUR]	-777,64	-703,05	-608,60	-699,39	-634,31	-687,36	-682,69	-649,43	-637,21	-669,92	-645,10	-681,84
average processing time [min]	627,16	383,20	272,31	350,56	228,48	424,69	362,45	323,98	261,39	276,03	266,76	369,27

Abb. II-4: Process-outcomes and processing time today

In a next step the simulation data was taken and applied to the extended business process. It was assumed that the company had to pay 80 EUR for each claim that was sent to the service provider, who needed 40 minutes for the check of invoice. Thereby we found out that by embedding the external service provider more than 25% (i. e. 4,329 of 15,999) of all invoices were outsourced. Thus, waiting times were eliminated, which resulted in a shift of indirect process-outcomes from negative to positive cash flows, since the perceived service quality by the customers was increased. As a result, the overall cash flow of the execution of the business process could be reduced to -9.06 million EUR due to this flexibility. Detailed information about process-outcomes and processing time is given in figure II-5:



month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
number of claims (internal processing)	915	909	1046	1002	914	998	1016	1012	974	913	983	988
number of claims (external processing)	376	326	361	378	308	392	362	384	335	343	393	371
average E [EUR]	-50,59	-49,45	-49,15	-49,87	-48,96	-50,20	-49,40	-49,92	-49,12	-49,83	-50,35	-49,83
average D [EUR]	-556,95	-546,36	-537,63	-545,95	-540,69	-542,24	-534,14	-537,92	-546,33	-535,63	-545,48	-543,45
average I [EUR]	26,38	26,38	26,38	26,38	26,38	26,38	26,38	26,38	26,38	26,38	26,38	26,38
average process-cash flow [EUR]	-581,16	-569,44	-560,40	-569,43	-563,27	-566,07	-557,16	-561,46	-569,07	-559,08	-569,45	-566,90
average processing time [min]	35,04	34,85	34,80	34,92	34,76	34,97	34,84	34,93	34,79	34,91	35,00	34,91

Abb. II-5: Process-outcomes and processing time after the redesign

In a last step, the value of flexibility could be obtained according to equation (8) as follows:

$$X_{total} = -9.06m \text{ EUR} - (-10.76m \text{ EUR}) - 0.145m \text{ EUR} = 1.56m \text{ EUR}$$

In this case the ex ante valuation of business process flexibility revealed that the integration of an external service provider can create value for the company. Thus, the initial investment into the interface turns out to be lucrative for the company according to our simulation.

II.1.5 Conclusion

In this paper we introduced a model for valuating business process flexibility. Therefore, we first derived requirements that such a method must meet in order provide a correct valuation of business process flexibility. Then we depicted a simple, inflexible business process and showed how the execution of a process instance can be monetarily valued according to our requirements. We then extended the business process by flexibility through embedding an alternative execution path. After valuating the flexible business process we were able to determine the value of flexibility as the difference between those values. With the help of a real world example we finally could demonstrate how this approach can be applied in practice.

However, there are some limitations in this paper, too. First of all, we ignore the time value of money. If we want to correctly determine the cash flows of the execution of process instances, we have to discount all cash flows to a single point in time. Although the consideration of this time value and thus discounting all future cash flows might change the results obtained by our approach, it would not change the approach itself. Furthermore, we only focus on one process step. Thus, we derive an investment decision based on the valuation of flexibility obtained by outsourcing one single process step, which of course is not sufficient. We rather need to consider several process steps in order to derive a more realistic result. However, this extension goes beyond the scope of this paper, since a lot of interdependencies among the process steps and many more options for action must be considered. This extension will be the major issue for further research.

II.2 Literatur

- Adenso-Diaz B, Gonzales-Torre P, Garcia V (2002) A Capacity Management Model in Service Industries. *International Journal of Service Industry Management* 13(3):286-302
- Agostini A, De Michelis G (2000) A light Workflow Management System using simple Process Definitions. *Computer Supported Cooperative Work* 9(3):335-363
- Balasubramanian S, Gupta M (2005) Structural metrics for goal based business process design and evaluation. *Business Process Management Journal* 11(6):680-694
- Boynton AC (1993) Achieving Dynamic Stability through Information Technology. *California Management Review* 35(2):58-77
- Braunwarth K, Kaiser M, Müller AL (2010) Economic Evaluation and Optimization of the Degree of Automation in Insurance Processes. *Business & Information Systems Engineering* 2(1):29-39
- Brill PH, Mandelbaum M (1989) On Measures of Flexibility in Manufacturing Systems. *International Journal of Production Research* 27(5):747-756
- Capgemini (2009) World Insurance Report, http://www.de.capgemini.com/m/de/tl/World_Insurance_Report_2009.pdf, Abruf am 14.09.2009
- De Toni A, Toncha S (1998) Manufacturing Flexibility: A Literature Review. *International Journal on Production Research* 36(6):1587-1617

-
- Gebauer J, Schober F (2006) Information System Flexibility and the Cost Efficiency of Business Processes. *Journal of the Association for Information Systems* 7(3):122-147
- Golden W, Powell P (2000) Towards a Definition of Flexibility: in Search of the Holy Grail?. *Omega* 28(4):373-384
- Grewal R, Tansuhaj P (2001) Building Organizational Capabilities for Managing Economic Crisis: The Role of Market Orientation and Strategic Flexibility. *Journal of Marketing* 65(2):67-80
- Gupta D (1993) On Measurement and Valuation of Manufacturing Flexibility. *International Journal of Production Research* 31(12):2947-2958
- Heinl P, Horn S, Jablonski S, Neeb J, Stein K, Teschke M (1999) A comprehensive Approach to Flexibility in Workflow Management Systems. *Proceedings of the International Joint Conference on Work Activities Coordination and Collaboration (WACC), San Francisco, USA*
- Ho TH, Park YH, Zhou, YP (2006) Incorporating Satisfaction into Customer Value Analysis: Optimal Investment in Lifetime Value. *Marketing Science* 25(3):260-277
- IBM (2009) Accelerating Process Transformation in the Insurance Industry with the IBM Insurance Process Acceleration Framework, <ftp://ftp.software.ibm.com/software/industries/frameworks/pdf/RAB14014-USEN-00.pdf>, Abruf am 04.09.2009
- Kueng P, Kawalek P (1997) Goal-based business process models: creation and Evaluation. *Business Process Management Journal* 3(1):17-38
- Nissen ME (1994) Valuing IT through virtual Process Measurement. *International Conference on Information Systems'94*, http://www.usc.edu/dept/ATRIUM/Papers/Process_Measurement.ps; Abruf am 07.09.2009
- Schober F, Gebauer J (2008) How much to spend on Flexibility? Determining the Value of Information System Flexibility. http://www.business.uiuc.edu/Working_Papers/papers/08-0105.pdf, Abruf am 08.09.2009
- Schonenberg H, Mans R, Russell N, Mulyar N, Van Der Aalst WMP (2008) Towards a Taxonomy of Process Flexibility. *Proceedings of the CAiSE'08 Forum, Montpellier, Frankreich*
- Sethi A, Sethi S (1990) Flexibility in Manufacturing: A Survey. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems* 24(2):289-328

Stockton D, Bateman N (1995) Measuring the Production Range Flexibility of a FMS. *Integrated Manufacturing Systems* 6(2):27-34

Taha HA (1992) *An Introduction to Operations Research*. 5th Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA

Tonchia S (1995) *Production Performance Measurement Systems – Theory and empirical Evidence on Structure, Characteristics and Indicators*. PhD Thesis, University of Padua.

Van der Aalst WMP, Basten T (2002) Inheritance of Workflows: An Approach to tackling Problems related to Change. *Theoretical Computer Science* 270(1-2):125-203

Vokurka RJ, O'Leary-Kelly S (2000) A Review of Empirical Research on Manufacturing Flexibility. *Journal of Operations Management* 18(4):16-24

III Bewertung von Handlungsflexibilität bei IT-Investitionen

Nachdem sich Kapitel II mit der Ebene *Geschäftsprozesse* befasst hat, fokussiert dieses Kapitel die Ebenen *Anwendungssysteme / Services* und *IT-Infrastruktur*. Insbesondere wird untersucht, welchen ökonomischen Wert Handlungsflexibilität für Unternehmen besitzen kann, die im Rahmen von IT-Investitionen existiert. Wie eingangs erläutert stellt der Realloptionsansatz ein in der wissenschaftlichen Literatur gängiges Verfahren dar, diesen Wert zu bestimmen, da Handlungsflexibilität als Wahlrechte und damit als Realoptionen interpretiert werden können. Zur monetären Bewertung der Realoptionen finden oftmals aus der Finanzwirtschaft bekannte Optionsbewertungsverfahren Anwendung. Diese wiederum basieren auf zum Teil restriktiven Annahmen, welche übertragen auf reale Investitionsprojekte oftmals nicht erfüllt werden können. Aus diesem Grund wird die unreflektierte Anwendung von Optionsbewertungsverfahren häufig kritisiert (vgl. Kruschwitz 2011). Dieses Kapitel widmet sich daher der Frage, inwiefern der Realloptionsansatz dennoch dazu geeignet sein kann, Handlungsflexibilität im Kontext von IT-Investitionen ökonomisch zu bewerten.

Um diese Frage zu beantworten wird im ersten Beitrag „Bewertung von IT-Investitionen mit dem Realloptionsansatz“ (Abschnitt 1) zunächst analysiert, welche Arten von IT-Investitionen in der wissenschaftlichen Literatur als Bewertungsgegenstand des Realloptionsansatzes dienen. Anschließend werden die Eigenschaften der identifizierten Arten von IT-Investitionen auf deren Kompatibilität mit den Annahmen der Optionsbewertungsverfahren untersucht. Gleichzeitig wird herausgearbeitet, inwiefern die wissenschaftlichen Beiträge diese Annahmen adressieren.

Im Beitrag „A Real Options Approach for Valuating Intertemporal Interdependencies within a Value-Based IT Portfolio Management – A Risk-Return Perspective“ (Abschnitt 2) wird anschließend die Anwendung des Black-Scholes Modells zur Bewertung von intertemporalen Abhängigkeiten zwischen IT-Investitionen untersucht. Dabei wird darauf eingegangen, dass das Black-Scholes Modell ausschließlich Marktrisiken in der Investitionsbewertung berücksichtigen kann. Da IT-Investitionen jedoch häufig durch projektspezifische Risiken gekennzeichnet sind, wird in diesem Beitrag analysiert, wie sich diese auf den Optionswert, und damit auf die Investitionsentscheidung, auswirken können. Dabei wird eine Erweiterung des Black-Scholes Modells zur Berücksichtigung projektspezifischer Risiken vorgeschlagen.

Der Beitrag „Bewertung intertemporaler Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten – Anwendung eines realoptionsbasierten Ansatzes unter Berücksichtigung projektspezifischer Risiken“ (Abschnitt 3) greift die Ergebnisse des vorherigen Beitrags auf und analysiert, welchen Einfluss die Risikoeinstellung des Entscheiders auf die Investitionsentscheidung hat. Gleichzeitig wird anhand eines Realweltbeispiels aufgezeigt, wie sich dieser Ansatz in der Praxis anwenden lässt.

III.1 Beitrag 2: „Bewertung von IT-Investitionen mit dem Realloptionsansatz“

Autor: Christian Ullrich
Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement,
Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik, Informations- &
Finanzmanagement (Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl)
Universität Augsburg, D-86135 Augsburg
christian.ullrich@wiwi.uni-augsburg.de

Erschienen 2013 in: WIRTSCHAFTSINFORMATIK, 55, 5, S. 333-345.

Zusammenfassung:

Zur Bewertung von IT-Investitionen findet der Realloptionsansatz in der wissenschaftlichen Literatur häufig Anwendung. Die Anwendung des Realloptionsansatzes beinhaltet oftmals eine monetäre Bewertung von Realoptionen anhand von Optionsbewertungsverfahren, welche wiederum auf restriktiven Annahmen beruhen und dadurch Kritik ausgesetzt sind. Daher untersucht dieser Beitrag die Anwendung von Optionsbewertungsverfahren zur Bewertung von IT-Investitionen. Mittels einer strukturierten Literaturanalyse wird herausgearbeitet, welche Arten von IT-Investitionen als Grundlage für die Optionsbewertung in der wissenschaftlichen Literatur dienen. Die so identifizierten Arten von IT-Investitionen werden anschließend daraufhin untersucht, inwieweit deren Eigenschaften mit den teilweise sehr restriktiven Annahmen klassischer Optionsbewertungsverfahren kompatibel sind. Auf dieser Basis wird analysiert, ob und wie die identifizierten Beiträge die Annahmen der klassischen Optionsbewertung adressieren. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass kritische Annahmen in der Modellierung oftmals nicht berücksichtigt werden, obwohl deren Nichterfüllung diskutiert wird und damit bekannt ist. Die Erfüllung der Annahmen hängt dabei auch von den Eigenschaften der bewerteten Art der IT-Investition ab. Ferner gibt es zahlreiche Erweiterungen klassischer Optionsbewertungsverfahren, durch deren Anwendung kritische Annahmen relaxiert werden können. Die in diesem Beitrag abgeleiteten Ergebnisse sollen Forschern aufzeigen, bei welcher Art von IT-Investition welche Annahmen der klassischen Optionsbewertung kritisch sein können und welche Möglichkeiten der Relaxierung dieser Annahmen existieren.

III.1.1 Einleitung

Investitionen in Informationstechnologie (IT) sind häufig mit großer Unsicherheit behaftet, welche unter anderem auf die Komplexität des Unterfangens oder auf sich ändernde Rahmenbedingungen zurückzuführen ist (Fichman et al. 2005, S. 74). Um auf diese unsicheren Entwicklungen angemessen reagieren zu können, ist Handlungsflexibilität innerhalb des Unternehmens nötig. So können IT-Investitionen bei einer negativen Entwicklung bspw. pausiert oder vorzeitig abgebrochen, bei einer positiven Entwicklung hingegen erweitert werden. Allerdings sind traditionelle Bewertungsverfahren wie die Kapitalwertmethode im Allgemeinen nicht in der Lage, diese Handlungsflexibilität in der Investitionsbewertung zu berücksichtigen. Kritiker argumentieren daher, dass IT-Investitionen zu niedrig bewertet werden (Trigeorgis 1996, S. 152). Aus diesem Grund wird in der Literatur die Anwendung des Realoptionsansatzes (ROA) zur Bewertung von IT-Investitionen vorgeschlagen, was nach Benaroch (2002, S. 47) zu einem genaueren Ergebnis führt.

Der ROA leitet sich von der aus der Finanzwirtschaft bekannten Optionstheorie ab und unterstellt, dass Handlungsflexibilität als Realoption modelliert werden kann. Während bei Finanzoptionen Wertpapiere wie bspw. Aktien als Underlying dienen, sind es bei Realoptionen reale Investitionsprojekte. Sowohl Finanz- als auch Realoptionen können als Wahlrechte aufgefasst werden, innerhalb einer festgelegten Frist eine bestimmte Handlung zu einem vereinbarten Preis durchführen und damit die Option ausüben zu können. Darf die Ausübung nur zum Zeitpunkt der Fälligkeit der Option erfolgen, handelt es sich um europäische, bei der Möglichkeit zur vorzeitigen Ausübung um amerikanische Optionen.

Die Idee der Übertragung der Optionspreistheorie auf reale Investitionen geht auf Myers (1974) zurück, wohingegen der ROA erst seit Beginn der 1990er Jahre zur Bewertung von IT-Investitionen angewendet wird. Diese Anwendung ist oftmals mit einer monetären Bewertung der Realoptionen verbunden, wozu auf aus der Finanzwirtschaft bekannte Optionsbewertungsverfahren (OBVs) zurückgegriffen wird. Als bekannteste OBVs gelten das von Black und Scholes (1973) und Merton (1973) entwickelte „Black-Scholes Modell“ (BSM) sowie das von Cox, Ross und Rubinstein (1976) entwickelte „Binomialmodell“ (BM). Die Anwendung dieser Bewertungsverfahren stößt jedoch auf Kritik, da grundlegende Annahmen oft nicht erfüllt sind, was zu Fehlbewertungen und damit zu falschen

Investitionsentscheidungen führen kann (Zhu 1999). Diese Tatsache verleitet Kruschwitz (2011) zu der Aussage, „dass es sich beim Konzept der Realloptionen um einen Irrweg handelt. Die aus der Theorie der Finanzoptionen bekannten Bewertungsformeln dürfen (...) [zur Bewertung von realen Investitionen] einfach nicht angewandt werden“ (Kruschwitz 2011, S. 420).

Trotz dieser Kritik lässt sich eine Vielzahl an wissenschaftlichen Beiträgen finden, die den ROA zur monetären Bewertung von IT-Investitionen anwenden und Realloptionen monetär bewerten. Somit stellt sich die Frage, inwiefern die Anwendung des ROA und damit die Anwendung eines OBV in dem jeweiligen Kontext gerechtfertigt ist. Dieser Beitrag adressiert diese Fragestellung und verfolgt zwei Ziele:

1. Es soll offengelegt werden, welche wissenschaftlichen Beiträge IT-Investitionen anhand des ROA monetär bewerten. Da verschiedene Arten von IT-Investitionen unterschiedliche bewertungsrelevante Eigenschaften besitzen, soll zudem analysiert werden, welche Arten von IT-Investitionen bewertet werden.
2. Die identifizierten Beiträge sollen daraufhin untersucht werden, wie diese die kritischen Annahmen der OBVs adressieren. Ferner soll diskutiert werden, inwiefern das Vorgehen mit den Eigenschaften der bewerteten Art von IT-Investition kompatibel ist.

Der Forschungsprozess dieses „State of the Art“-Beitrags orientiert sich an den von Fetteke (2006, S. 260) vorgeschlagenen fünf Phasen der Reviewforschung, erweitert diese jedoch um eine Darstellung der für die Analyse notwendigen theoretischen Grundlagen. Nachdem in diesem Abschnitt die Forschungsfragestellung formuliert und abgegrenzt wurde („Problemformulierung“), werden in Abschnitt 2 die Grundlagen sowohl des Realloptionsansatzes als auch der Optionsbewertung dargestellt. Daran schließt sich die Auswahl der relevanten Literatur („Literatursuche“) sowie die Klassifizierung der identifizierten Beiträge nach der bewerteten Art der IT-Investition („Literaturauswertung“) in Abschnitt 3 an. Daraufhin werden die verschiedenen Arten von IT-Investitionen hinsichtlich ihrer bewertungsrelevanten Eigenschaften und deren Auswirkung auf die Annahmen der OBVs analysiert. Basierend auf dieser Auswertung wird diskutiert, inwiefern die Autoren in ihren Beiträgen auf die Annahmen eingehen und ob ihr Vorgehen für die bewertete Art von IT-Investition geeignet ist („Analyse und Interpretation“). Durch diesen Beitrag werden die Ergebnisse der Öffentlichkeit präsentiert („Präsentation“).

III.1.2 Grundlagen des Realloptionsansatzes

III.1.2.1 Handlungsflexibilität als Realloption

Laufende IT-Projekte werden oftmals von sich ändernden Umweltzuständen beeinflusst, weshalb Unternehmen in der Lage sein müssen, flexibel auf neue Situationen zu reagieren. Da Unternehmen jedoch nicht reagieren müssen, sondern je nach Situation reagieren können, werden diese Wahlrechte über die möglichen Handlungen als Realloptionen abgebildet. Trigeorgis (1996, S. 2f.) gibt eine gute Übersicht über die möglichen Arten von Handlungsflexibilität sowie deren zugehörige Arten von Realloptionen (Tabelle III–1).

Tab. III–1: Arten von Handlungsflexibilität/Realloptionen

Art der Handlungsflexibilität	Art der Realloption
Bei ungünstigem Projektverlauf kann das Projekt an definierten Meilensteinen abgebrochen werden	Abbruchoption
Bei ungünstigem Projektverlauf kann der Projektumfang eingeschränkt werden	Einschränkungsoption
Bei günstigem Projektverlauf kann der Projektumfang erweitert werden	Erweiterungsoption
Die Implementierung des Projekts kann stufenweise durchgeführt werden	Staging Option
Der Beginn des Projekts kann verzögert werden	Verzögerungsoption
Nach dem erfolgreichen Abschluss eines Projekts können Folgeprojekte durchgeführt werden	Wachstumsoption
Abhängig vom Projektverlauf können Ressourcen ausgetauscht werden	Wechseloption

Abbruch- und Einschränkungsoptionen werden in der Regel als Put-Optionen (Verkaufsoptionen), die übrigen Arten von Realloptionen als Call-Optionen (Kaufoptionen) modelliert.

Neben Beiträgen, die im Kontext von IT-Investitionen das Denken in Optionen proklamieren (Fichman 2004; Fichman et al. 2005), existieren empirische Untersuchungen zur Wahrnehmung von Realloptionen (Lankton und Luft 2008; Tiwana et al. 2006) und für ein ROA-basiertes Risikomanagement (Benaroch et al. 2006; Hilhorst et al. 2008). Darüber hinaus wenden viele Beiträge den ROA zur monetären Bewertung von IT-Investitionen an. Dabei wird

der Kapitalwert einer Investition um den Wert der Handlungsflexibilität, d.h. um den monetären Wert der Realooptionen, erweitert (Trigeorgis 1996, S. 152). Um den Wert der Realooptionen zu ermitteln, wird oftmals auf OBVs zurückgegriffen, welche im folgenden Abschnitt näher beschrieben werden.

III.1.2.2 Bewertung von Realooptionen

Um den Wert der Option zum Erwerbszeitpunkt zu bestimmen, wird unterstellt, dass die Rückflüsse der Option durch ein selbstfinanzierendes Duplikationsportfolio nachgebildet werden können (Perridon et al. 2009, S. 335). Dieses Duplikationsportfolio setzt sich aus dem Underlying sowie einem risikolosen Wertpapier zusammen. Durch die Wahl geeigneter Portfolioanteile sowie deren kontinuierliche Anpassung an den aktuellen Wert des Underlyings, können alle Risiken abgesichert und somit der risikolose Zinssatz als Rendite erzielt werden. Da die Optionsbewertung auf Marktinstrumenten beruht, ist die Bewertung präferenzfrei.

Um den Wert der Option zum Erwerbszeitpunkt bestimmen zu können, unterstellt das BM eine binomiale Entwicklung des Underlyings für diskrete Zeitpunkte. In dem daraus resultierenden Binomialbaum werden die Optionswerte aller Endzustände auf den Erwerbszeitpunkt diskontiert und mit risikoneutralen Eintrittswahrscheinlichkeiten gewichtet. Das BSM hingegen unterstellt einen stetigen Zeitverlauf, wobei das Underlying einem kontinuierlichen stochastischen Prozess, genauer einer geometrischen Brown'schen Bewegung (GBM), folgt. Auf dieser Basis haben Black und Scholes (1973) eine analytisch lösbare Gleichung zur Bestimmung des Werts einer europäischen Option hergeleitet.

Damit der Optionswert wie beschrieben anhand der klassischen OBVs berechnet werden kann, müssen folgende Annahmen gelten²:

- (A1) Es existiert ein vollständiger Markt, der einen kontinuierlichen Handel des Underlyings und der Option ermöglicht.
- (A2) Der Wert des Underlyings folgt einer GBM mit konstanter Varianz.
- (A3) Der Basispreis der Option ist bekannt und über die Optionslaufzeit konstant.

² Hier sind die Annahmen des BSM dargestellt, welche sich lediglich hinsichtlich (A2) von den Annahmen des BM unterscheiden. Verringert man die Zeitintervalle des BM, so lässt sich der Binomialprozess des BM in den kontinuierlichen Prozess des BSM überführen (Trigeorgis 1996, S. 83).

(A4) Die Option kann nur am Ende der sicheren Laufzeit ausgeübt werden (europäische Option).

(A5) Es existiert ein vollkommener Markt.³

Zur Berechnung des Optionswerts werden einige Inputparameter benötigt⁴. Diese werden in Tabelle III–2 mit ihrer Bedeutung bei Finanz- und bei Realoptionen im Kontext von IT-Investitionen dargestellt.

Tab. III–2: Gegenüberstellung der Parameter zur Bewertung von Finanz- bzw. Realoptionen

Finanzoption	Realoption
Aktienkurs (Wert des Underlyings)	Barwert der Einzahlungen der IT-Investition
Ausübungspreis der Option	Barwert der Auszahlungen der IT-Investition zum Ausübungszeitpunkt
Standardabweichung des Underlyings	Standardabweichung des Barwerts der Einzahlungen der IT-Investition
Laufzeit der Option	Zeitraum bis zur Ausübung der Handlung
Risikoloser Zinssatz	Risikoloser Zinssatz

Sollten die hier beschriebenen Annahmen nicht erfüllt sein, so ist eine korrekte Optionsbewertung anhand der klassischen OBVs nicht möglich. Daher wird im Folgenden untersucht, inwiefern die genannten Annahmen mit den Eigenschaften unterschiedlicher Arten von IT-Investitionen kompatibel sind und inwieweit die in der wissenschaftlichen Literatur identifizierten Beiträge diese adressieren.

III.1.3 Identifikation und Klassifizierung der Literatur

III.1.3.1 Identifikation der relevanten Literatur

Die Auswahl der für die weiteren Analysen relevanten wissenschaftlichen Literatur erfolgte zunächst durch eine Schlagwortsuche in verschiedenen Datenbanken. Neben den dort

³ Im Folgenden soll Annahme (A5) nicht weiter betrachtet werden, da diese nicht realoptionsspezifisch ist und für verschiedene Kapitalmarktmodelle (wie bspw. das Capital Asset Pricing Model) benötigt wird.

⁴ Für eine Herleitung der Formeln zur Optionsbewertung sei auf Standardliteratur wie bspw. Franke und Hax (2003) oder Perridon et al. (2009) verwiesen.

berücksichtigten wissenschaftlichen Zeitschriften wurden Konferenzen im Bereich Wirtschaftsinformatik ebenfalls in die Auswahl mit einbezogen. Eine Übersicht über die zur Suche verwendeten Datenbanken und Suchbegriffe findet sich in Tabelle III-3:

Tab. III-3: Kriterien der Literaturanalyse

Kriterium	Ausprägung
Datenbanken	AIS Electronic Library, EBSCOhost, EmeraldInsight, IEEEExplore, ProQuest, ScienceDirect, SpringerLink
Ergänzte Tagungsbände	Americas Conference on Information Systems (AMCIS), European Conference on Information Systems (ECIS), International Conference on Information Systems (ICIS)
Suchfelder	Titel, Zusammenfassung, Stichworte (sofern spezifizierbar)
Suchbegriffe	(“real option” OR “real options”) AND (“information systems” OR “information technology”)

Um die wichtigsten Zeitschriften des Fachs zu berücksichtigen, wurden Zeitschriften, die dem VHB-Teilranking Wirtschaftsinformatik zugeordnet sind (Stand: VHB Jourqual 2, Rating-Kategorie A oder B), ebenfalls auf den Ausdruck „real option“ bzw. „real options“ hin untersucht und die Ergebnisse entsprechend komplementiert. Letztendlich wurde die Identifikation der relevanten Beiträge – wie von Webster und Watson (2002) gefordert – durch eine Vorwärts- und Rückwärtssuche in den bereits gefunden Beiträgen abgeschlossen.

Da sich nur solche Beiträge mit den Annahmen der OBVs auseinandersetzen müssen, in denen eine monetäre Bewertung einer Realoption erfolgt, wurden nach Durchsicht aller Beiträge nur diese weiter berücksichtigt. Nach Durchführung des hier vorgestellten Suchprozesses konnten insgesamt 35 Beiträge identifiziert werden.

III.1.3.2 Klassifizierung der Literatur

Die mittels des beschriebenen Vorgehens identifizierten Beiträge haben gemein, dass sie eine IT-Investition anhand des ROA monetär bewerten. Wie eingangs motiviert soll für eine detaillierte Analyse der Anwendbarkeit des ROA der Bewertungsgegenstand „IT-Investition“ weiter spezifiziert werden. Hierzu wurden die Beiträge zunächst daraufhin untersucht, welche konkrete IT-Investition (Bewertungsgegenstand), die mit dem ROA bewertet werden soll, vorliegt. In einem zweiten Schritt wurde analysiert, welche Arten von Realoptionen die jeweiligen IT-Investitionen beinhalten. Bei den meisten Arten von Realoptionen stimmt das

Underlying der Option mit dem Bewertungsgegenstand der IT-Investition überein. Als einzige für diesen Beitrag relevante Ausnahme ist die Wachstumsoption zu nennen. Diese bildet die Möglichkeit ab, nach der erfolgreichen Umsetzung eines Projekts (Bewertungsgegenstand) ein Folgeprojekt (Underlying der Realloption) durchführen zu können. Somit muss für Wachstumsoptionen gesondert geprüft werden, auf welche Art von IT-Investition sich das Underlying bezieht.

Anschließend wurden die Beiträge hinsichtlich der Art der IT-Investition, welche sich aus dem Underlying der Realloption ergibt, kategorisiert. Tabelle III-4 verdeutlicht, dass 28 der 35 identifizierten Beiträge in die drei Kategorien „Investition in Standardsoftware“ (9 Beiträge), „Investition in Individualsoftware“ (6 Beiträge) und „Investition in neue Technologien“ (13 Beiträge) eingeteilt werden kann. Sechs Beiträge ließen sich den beschriebenen Kategorien nicht zuordnen. Dies liegt unter anderem daran, dass ein Teil dieser Beiträge von abstrakten IT-Investitionen ausgeht und diese nicht näher beschreibt (Banker et al. 2010; Kumar 1996; Lee et al. 2008; Zandi und Tavana 2011). Gull (2011) dagegen ermittelt den tatsächlichen Wert von Discount-Optionen, welche oftmals in den Lizenzverträgen kommerzieller Standardsoftware enthalten sind. Heinrich et al. (2011) wiederum bewerten die Option einer Bank, eine eigenerstellte Software als Service über das Internet zu vertreiben, womit das Underlying der Realloption dem Verkauf von IT-Services – und damit keiner IT-Investition im eigentlichen Sinn – entspricht. Herath und Herath (2008) hingegen bewerten die Ausgaben eines Unternehmens für IT-Sicherheitsmaßnahmen, womit dieser Beitrag ebenfalls nicht in die identifizierten Kategorien eingeordnet werden kann.

Tab. III-4: Klassifizierung der identifizierten Literatur

Beitrag	Bewertungsgegenstand	Art der Option	Underlying der Realloption (falls abweichend)	Art der IT-Investition
Angelou und Economides (2008)	Bewertung des IT-Projektportfolios eines Wasserversorgers unter der Berücksichtigung von Abhängigkeiten zu Folgeprojekten	Wachstumsoption	Erweiterung der bestehenden IT-Infrastruktur um Standardfunktionalitäten	Investitionen in Standardsoftware
Balasubramanian et al. (2000)	Einführung einer Dokumentenmanagement-Software in einer kanadischen Hypothekenbank	Wachstumsoption	Rollout der Software an allen Standorten	
Cao et al. (2009)	Implementierung eines Supply Chain Management-Systems unter Berücksichtigung verschiedener Implementierungsstrategien	Staging Option		
Ekström und Björnsson (2005)	Anschaffung einer Enterprise Resource Planning-Software	Wachstumsoption	Erweiterung des Systems um zusätzliche Standard-Funktionalitäten	
Hilhorst et al. (2006)	Wahl der Implementierungsstrategie für die Einführung einer Kapazitätsmanagementsoftware	Staging Option		
Maklan et al. (2005)	Anschaffung einer Customer Relationship Management-Software	Staging Option		
Singh et al. (2004)	Leasing einer Buchhaltungssoftware von einem Application Service Provider	Abbruchoption		
Taudes (1998); Taudes et al. (2000)	Wechsel von SAP R/2 auf SAP R/3	Wachstumsoption	Implementierung web-basierter Standard-Funktionalitäten	
Wu et al. (2009)	Implementierung einer Enterprise Resource Planning-Software	Staging Option		
Bardhan et al. (2004)	Bewertung des IT-Projektportfolios eines Energieversorgers	Wachstumsoption	Bewertung von zukünftigen, web-basierten Folgeprojekten	
Diepold et al. (2009; 2011)	Anschaffung eines neuen Backend-Systems für eine Retail-Bank	Wachstumsoption	Anbindung von neuen Vertriebsapplikationen	
Dolci et al. (2010)	Anschaffung eines Systems zum Management der vom Markt geforderten Lieferzeitpunkte von Produkten	Wachstumsoption	Entwicklung von zusätzlichen Funktionalitäten wie bspw. einer E-Procurement-Website	
Kumar (2002)	Entwicklung eines Computer Aided Software Engineering (CASE) Tools	Verzögerungsoption		
Schwartz und Zozaya-Gorostiza (2003)	Eigenentwicklung einer Individualsoftware	Verzögerungsoption		

Fortsetzung von Tab. III-4:

Beitrag	Bewertungsgegenstand	Art der Option	Underlying der Realloption (falls abweichend)	Art der IT-Investition
Benaroch und Kauffman (1999; 2000)	Investitionen in den Aufbau eines Bankterminal-Netzes für Debit-Karten	Verzögerungsoption		Investitionen in neue Technologien
Dos Santos (1991)	Implementierung einer unternehmensweiten ISDN-Infrastruktur	Wachstumsoption	Durchführung auf der ISDN-Infrastruktur basierender Folgeprojekte	
Harmantzis und Tanguturi (2007)	Investitionen eines Telekommunikationsdienstleisters in den Ausbau des UMTS-Netzes oder des WLAN-Netzes	Verzögerungs- & Wachstumsoption	Ausrollen der Technologie in neue Marktsegmente	
Ji (2010)	Investitionen in den Aufbau eines Bankterminal-Netzes für Debit-Karten	Verzögerungsoption		
Kauffman und Kumar (2008)	Entwicklung einer Netzwerktechnologie	Verzögerungsoption		
Kauffman und Li (2005)	Investition in eine von zwei konkurrierenden Technologien unter Berücksichtigung von Wettbewerb	Verzögerungsoption		
Kim (2008)	Wahl der geeigneten Technologie-Transformationspfads eines Mobilfunkanbieters	Wachstumsoption	Investition in eine neue, revolutionäre Technologie	
Li (2009)	Investitionen in neue Technologien unter Berücksichtigung von organisationalem Lernen	Verzögerungsoption		
Miller et al. (2004)	Entwicklung einer Information-Superhighway-Infrastruktur	Wachstumsoption	Einführung eines IPv6 Adresssystems	
Panayi und Trigeorgis (1998)	Entwicklung eines Informationssystems als Grundlage für die Ausweitung des Telekommunikationsnetzes einer staatlichen Kommunikationsbehörde	Wachstumsoption	Ausweitung des Telekommunikationsnetzes	
Schwartz und Zozaya-Gorostiza (2003)	Investitionen in den Aufbau eines Bankterminal-Netzes für Debit-Karten	Verzögerungsoption		
Tao et al. (2007)	Investitionen in den Aufbau eines Bankterminal-Netzes für Debit-Karten	Verzögerungsoption		

III.1.4 Analyse der identifizierten Literatur

Die Analyse der identifizierten Beiträge erfolgt sequentiell für jede Art von IT-Investition und ist wie folgt aufgebaut: Zunächst werden die bewertungsrelevanten Eigenschaften der jeweiligen Art von IT-Investition beschrieben und den Annahmen der klassischen OBVs gegenübergestellt (Allgemeine Beschreibung). Dabei wird für jede Annahme diskutiert, ob diese der Anwendung von klassischen OBVs entgegensteht („kritisch“) oder ob deren Erfüllung möglich erscheint („eher unkritisch“). Zudem kann es vorkommen, dass die Eigenschaften einer Art von IT-Investition keinen Rückschluss auf die Erfüllung der Annahme erlauben („keine Aussage“).

Anschließend wird untersucht, inwiefern die identifizierten Beiträge die Annahmen diskutieren bzw. diese durch eine Adaption der Modellierung adressieren (Analyse der Beiträge). Dabei wird zwischen drei Stufen der Berücksichtigung unterschieden:

- Diskussion der Annahme, Berücksichtigung bei der Modellierung (+)
- Diskussion der Annahme, keine Berücksichtigung bei der Modellierung (o)
- Keine Diskussion der Annahme, keine Berücksichtigung bei der Modellierung (-)

Auf Beiträge, welche die Annahmen zumindest diskutieren (+ oder o), wird ausführlicher eingegangen. Abschließend wird für jedes Unterkapitel ein Zwischenfazit gezogen.

III.1.4.1 Investitionen in Standardsoftware

III.1.4.1.1. Allgemeine Beschreibung

Standardsoftware ist ein Sammelbegriff für Programme, „die nicht für einen einzelnen Kunden des Softwareherstellers, sondern für eine Gruppe von Kunden mit ähnlichen Problemstellungen geschrieben worden sind“ (Mertens et al. 2010, S. 18). Ein wesentliches Merkmal von Standardsoftware ist, dass diese nach dem Erwerb in der Regel zeitnah eingesetzt werden kann und damit auch die Einzahlungen zeitnah realisiert werden können (Mertens et al. 2010, S. 144), sofern kein Customizing-Aufwand anfällt.

Annahme des vollständigen Marktes (A1)

Wie bereits beschrieben ist der vollständige Markt notwendig, um ein Duplikationsportfolio, bestehend aus dem Underlying sowie einem risikolosen Wertpapier, bilden und dieses dynamisch, d.h. bei jeder Veränderung des Underlyings, anpassen zu können. Auch wenn

Standardsoftware an einem Markt gehandelt wird und somit Preise existieren, so ist diese Annahme aus Sicht des Anwenders der Standardsoftware nicht erfüllt, da der Wert des Underlyings dem Barwert der Einzahlungen aus der Nutzung der Standardsoftware (und nicht den Auszahlungen) entspricht. Da die Einzahlungen aus der Nutzung von Standardsoftware höchst unternehmensspezifisch sind, ist Annahme (A1) im Rahmen der Bewertung von Investitionen in Standardsoftware anhand von klassischen OBVs kritisch.

Annahme des stochastischen Prozesses mit konstanter Varianz (A2)

Die GBM beschreibt, wie sich der Wert des Underlyings, d.h. der Barwert der Einzahlungen der IT-Investition, während der Laufzeit der Option entwickelt. Die Entwicklung ist dadurch gekennzeichnet, dass sich der Wert über einen kurzen Zeitraum nur gering ändert (Franke und Hax 2003, S. 380f). Somit können keine sprunghaften Wertänderungen des Underlyings berücksichtigt werden. Liegt eine Wachstumsoption vor, so entspricht die Laufzeit der Option der Dauer des vorhergehenden Basisprojekts. Damit beschreibt die GBM die Schwankungen des Underlyings, die während der Laufzeit des Basisprojekts auftreten. Dementsprechend muss für diesen Fall geklärt werden, worum es sich bei dem Basisprojekt handelt. Daher kann keine allgemein gültige Aussage darüber getroffen, ob die GBM die Entwicklung des Underlyings bei Investitionen in Standardsoftware korrekt beschreibt oder nicht.

Annahme der sicheren Auszahlungen (A3)

Die Auszahlungen für den Erwerb von Standardsoftware sind meist „gut abschätzbar beziehungsweise bekannt“ (Bernroider und Koch 2000, S. 330). Allerdings erfüllt Standardsoftware oftmals nicht alle unternehmensspezifischen Anforderungen (Krcmar 2010), so dass zusätzliche unsichere Auszahlungen für das Customizing der Software anfallen können (Bernroider und Koch 2000, S. 330). Sieht man von diesen unsicheren Customizing-Auszahlungen ab, so kann festgehalten werden, dass Annahme (A3) in diesem Fall für die Optionsbewertung eher unkritisch ist. Sollte die Investition jedoch mit einem hohen und unsicheren Customizing-Aufwand verbunden sein, so ist diese ggf. eher als Investition in Individualsoftware einzustufen.

Annahme der sicheren Laufzeit der Option (A4)

Sofern die Investition in Standardsoftware als Wachstumsoption modelliert wird, determiniert wiederum die Dauer des vorhergehenden Basisprojekts deren Laufzeit. Da jedoch oftmals Investitionen in Standardsoftware als „Basisprojekt“ dienen (Taudes 1998), ist davon auszugehen, dass die Laufzeit verlässlich schätzbar ist, sofern von unsicherem Customizing-

Aufwand abgesehen werden kann. Für alle anderen Arten von IT-Investitionen entspricht das Underlying der Investition in die Standardsoftware, womit auch dafür Annahme (A4) eher unkritisch erscheint.

III.1.4.1.2. Analyse der Beiträge

Annahme des vollständigen Marktes (A1)

Angelou and Economides (2008) und Singh et al. (2004) rechtfertigen die Anwendbarkeit der Optionsbewertung – trotz der Tatsache, dass das Underlying nicht gehandelt wird – durch einen Verweis auf die Argumentation von Benaroch und Kauffman (1999). Nach dieser sollte der Wert einer IT-Investition unabhängig davon, ob diese gehandelt wird oder nicht, so geschätzt werden, dass er dem Wert entspricht, welchen die Investition besäße, wenn diese gehandelt werden würde (Benaroch und Kauffmann 1999, S. 77). Weicht der geschätzte Wert aufgrund der Subjektivität der Schätzungen von dem objektiven Marktwert ab, so resultiert diese Fehlbewertung in einer Über- oder Unterbewertung des Unternehmens. Diese Fehlbewertung des Unternehmens wird durch Marktberichtigungen (bspw. durch Verkauf oder Kauf des Unternehmens) am Markt langfristig ausgeglichen (Benaroch und Kauffman 1999). Taudes (1998) geht ebenfalls darauf ein, dass bei der Bewertung von IT-Investitionen kein gehandeltes Underlying vorliegt und weist darauf hin, dass eine präferenzabhängige Bewertung angebracht wäre. Dennoch verteidigt er die Anwendung von OBVs, da auf dem BSM basierende Modelle eine einfache Durchführung von Sensitivitätsanalysen erlauben, womit die Robustheit der Berechnungsergebnisse einfach überprüft werden kann. Wie auch in dem Folgebeitrag (Taudes et al. 2000) dargelegt, ist für Taudes (1998) die exakte Bestimmung des Optionswerts eher zweitrangig, da der Wert des Underlyings ohnehin geschätzt werden muss. Es geht dem Autor vielmehr darum, eine untere Grenze für den Wert der Flexibilität zu ermitteln. Eckström und Björnsson (2005) argumentieren, dass das Underlying selbst nicht an einem Markt gehandelt werden muss, sofern ein mit dem Underlying perfekt korreliertes Wertpapier (Twin-Security) existiert. Da sie von projektspezifischen Risiken abstrahieren und nur Marktrisiken betrachten, würde Annahme (A1) für den Fall der Existenz eines Twin-Security Rechnung getragen werden.

Zwei Beiträge erweitern das von ihnen verwendete OBV um eine präferenzabhängige Bewertung, womit Annahme (A1) umgangen werden kann: Balasubramanian et al. (2000) unterscheiden zwischen projektspezifischen Risiken und Marktrisiken und schlagen vor, zusätzlich zur Bewertung der Option anhand eines Binomialbaums, die projektspezifischen

Risiken durch einen Entscheidungsbaum zu bewerten. Hilhorst et al. (2006) berücksichtigen neben einer Marktbewertung auch individuelle Präferenzen und berechnen einen erwarteten Optionswert. Wu et al. (2009) dagegen erkennen, dass OBVs im Allgemeinen nicht in der Lage sind, die Komplexität von IT-Investitionen korrekt abzubilden. Daher formulieren die Autoren in ihrem Beitrag die Bestimmung des Optionswerts als stochastisches Optimierungsproblem, womit diese und die folgenden Annahmen für die Bewertung nicht mehr relevant sind.

Annahme des stochastischen Prozesses mit konstanter Varianz (A2)

Angelou und Economides (2008) wenden neben einem klassischen OBV den „Analytical Hierarchy Process“ an, durch welchen verschiedene Unsicherheitsquellen qualitativ berücksichtigt werden. Dennoch wird Annahme (A2) bei der Optionsbewertung nicht direkt adressiert. Taudes et al. (2000) greifen diese Annahme hingegen explizit auf und argumentieren, dass in empirischen Studien die Eignung der geometrischen Brown'schen Bewegung als Deskriptor für die zukünftige Entwicklung des Werts des Underlyings festgestellt wurde. Hilhorst et al. (2006) diskutieren ebenfalls diese Annahme und räumen ein, dass die Varianz über den Zeitablauf nicht konstant bleibt. Daher führen die Autoren Sensitivitätsanalysen mit verschiedenen Werten der Standardabweichung zu unterschiedlichen Zeitpunkten durch. Singh et al. (2004) argumentieren, dass die Höhe der Varianz vom Wert des Underlyings abhängt und mit abnehmender Restlaufzeit geringer wird. Allerdings gehen die Autoren aufgrund der einfacheren Berechnung in ihrem Beitrag dennoch von einer konstanten Varianz aus.

Annahme der sicheren Auszahlungen (A3)

Angelou und Economides (2008) gehen auf Annahme (A3) ein und berechnen zunächst den Optionswert unter Berücksichtigung unsicherer Auszahlungen für einen einstufigen Binomialbaum. Dabei stellen die Autoren fest, dass unsichere Auszahlungen den Optionswert erhöhen. Für die weitere Berechnung wird jedoch von sicheren Auszahlungen ausgegangen.

Taudes (1998) adressiert als einziger Beitrag Annahme (A3) in der Modellierung, indem er unter anderem das Modell von Margrabe (1978) zur Berücksichtigung unsicherer Auszahlungen anwendet.

Annahme der sicheren Laufzeit der Option (A4)

Taudes (1998) erwähnt, dass die von ihm geschilderte Investitionsmöglichkeit zu verschiedenen Zeitpunkten besteht und daher eher als amerikanische Option modelliert werden sollte. Dementsprechend wendet er ein OBV zur Bewertung amerikanischer Optionen an.

Tabelle III-5 stellt die genannten Beiträge und deren Umgang mit den vier Annahmen der klassischen OBVs noch einmal gegenüber.

Tab. III-5: Annahmen der OBVs – Investitionen in Standardsoftware

	A1	A2	A3	A4
<i>Investitionen in Standardsoftware</i>	<i>Kritisch</i>	<i>Keine Aussage</i>	<i>Eher unkritisch</i>	<i>Eher unkritisch</i>
Angelou und Economides (2008)	o	o	+ / o	-
Balasubramanian et al. (2000)	+	-	-	-
Cao et al. (2009)	-	-	-	-
Ekström und Björnsson (2005)	o	-	-	-
Hilhorst et al. (2006)	+	o	-	-
Maklan et al. (2005)	-	-	-	-
Singh et al. (2004)	o	o	-	-
Taudes (1998)	o	-	+	+
Taudes et al. (2000)	o	o	-	-
Wu et al. (2009)	+	-	+	+

„+“ = Diskussion der Annahme, Berücksichtigung bei der Modellierung

„o“ = Diskussion der Annahme, keine Berücksichtigung bei der Modellierung

„-“ = Keine Diskussion der Annahme, keine Berücksichtigung bei der Modellierung

Zwischenfazit

Als Fazit lässt sich für die Bewertung von Investitionen in Standardsoftware an dieser Stelle festhalten, dass die für die Optionsbewertung kritische Annahme (A1) meistens nur qualitativ diskutiert wird. Sieben der zehn identifizierten Beiträge greifen auf klassische OBVs zurück, ohne Annahme (A1) in der Modellierung zu adressieren. Lediglich Balasubramanian et al. (2000) und Hilhorst et al. (2006) gestalten ihr OBV auf eine Art, dass Annahme (A1) der Optionsbewertung nicht entgegensteht, wohingegen sich Wu et al. (2009) von OBVs distanzieren. Es zeigt sich zudem, dass der Großteil der Beiträge die Annahmen (A2), (A3) und

(A4) nicht adressiert. Aufgrund der Eigenschaften von Investitionen in Standardsoftware stehen insbesondere (A3) und (A4) jedoch nicht notwendigerweise der Anwendung von klassischen OBVs entgegen, sofern von unsicherem Customizing-Aufwand bei der Implementierung, welcher sowohl die Auszahlungen als auch die Laufzeit der Option beeinflussen kann, abgesehen werden kann.

III.1.4.2 Investitionen in Individualsoftware

III.1.4.2.1. Allgemeine Beschreibung

Im Gegensatz zu Standardsoftware wird Individualsoftware „für eine spezielle betriebliche Anforderung mit der zugehörigen Hard- und Softwareumgebung individuell angefertigt“ (Mertens et al. 2010, S. 24) und kann somit als „maßgeschneiderte Software für spezielle Anwendungen“ (Krcmar 2010, S. 167) bezeichnet werden. Individualsoftware steht daher im Vergleich zu Standardsoftware aufgrund der Entwicklungszeit erst zu einem unsicheren Zeitpunkt in der Zukunft zur Verfügung, womit auch die Einzahlungen aus der Nutzung der Software erst zu einem späteren und unsicheren Zeitpunkt realisiert werden können (Krcmar 2010).

Annahme des vollständigen Marktes (A1)

Für Investitionen in Individualsoftware ist es ebenfalls unwahrscheinlich, dass ein Markt für das Underlying existiert, womit Annahme (A1) kritisch ist.

Annahme des stochastischen Prozesses mit konstanter Varianz (A2)

Ähnlich wie bei Investitionen in Standardsoftware ist es auch hier nicht möglich, eine allgemein ableitbare Aussage zu treffen, da die Entwicklung des Underlyings höchst projektspezifisch ist.

Annahme der sicheren Auszahlungen (A3)

Die Auszahlungen für die Entwicklung von Individualsoftware sind oftmals mit großer Unsicherheit behaftet (Bernroider und Koch 2000), da sich Aufwands- und Kostenschätzungen sowohl aufgrund geringer Erfahrungen in Unternehmen als auch aufgrund sich schnell wandelnder technologischer Rahmenbedingungen oft schwierig gestalten (Henrich 2002). Daher ist Annahme (A3) bei der Bewertung kritisch zu sehen, so lange es sich um eine Eigenentwicklung handelt. Sollte Individualsoftware dagegen durch einen externen Dienstleister entwickelt werden, so muss geprüft werden, wer das Risiko und damit ggf. die zusätzlichen Auszahlungen zu tragen hat.

Annahme der sicheren Laufzeit der Option (A4)

Da Investitionen in Individualsoftware oftmals als Wachstumsoption modelliert werden, hängt die Laufzeit der Option von der Laufzeit des Basisprojekts ab. Somit gibt es keinen Zusammenhang zwischen der Laufzeit der Option und der Dauer der Entwicklung der Individualsoftware. Ähnlich verhält es sich bei der Modellierung einer Verzögerungsoption. In beiden Fällen beginnt die Entwicklung von Individualsoftware erst nach dem Ende der Laufzeit der Option. Somit lassen die Eigenschaften dieser Art von IT-Investition keinen Rückschluss auf die Erfüllung von Annahme (A4) zu.

III.1.4.2.2. Analyse der Beiträge

Annahme des vollständigen Marktes (A1)

Bardhan et al. (2004, S. 39) stützen sich bei der Diskussion der Annahme (A1) auf die Aussage von Benaroch (2002). Diese besagt, dass die Bewertung nicht gehandelter Assets zulässig ist, da ein Unternehmen, welches seinen Shareholder Value maximieren möchte, den risikolosen Zinssatz zur Bewertung verwenden darf. Eine risikoadjustierte Diskontierung des Optionswerts würde diesen nur marginal verringern. Kumar (2002) argumentiert, dass der Optionswert auch ohne vorhandenes Duplikationsportfolio eine gute Approximation des Werts der Flexibilität darstellt.

Diepold et al. (2009; 2011) wenden in ihren Beiträgen ein präferenzabhängiges Bewertungsverfahren an, indem sie das BSM – ähnlich wie Balasubramanian et al. (2000) – um einen Entscheidungsbaum erweitern. Schwartz und Zozaya-Gorostiza (2003) hingegen nehmen aufgrund des fehlenden Marktes an, dass der Wert der Einzahlungen dem Erwartungswert einer Zufallsvariable, welche einen Risikozuschlag enthält, entspricht. Zur Optionsbewertung ziehen sie deshalb kein klassisches OBV heran, sondern modellieren die Optionsbewertung als dynamisches Optimierungsproblem.

Annahme des stochastischen Prozesses mit konstanter Varianz (A2)

Keiner der identifizierten Beiträge geht explizit auf diese Annahme ein.

Annahme der sicheren Auszahlungen (A3)

Bardhan et al. (2004) sowie Kumar (2002) tragen dem unsicheren Entwicklungsaufwand von Software-Entwicklungsprojekten Rechnung, indem beide das Margrabe-Modell verwenden und somit die Entwicklung der Auszahlungen als stochastischen Prozess modellieren. Schwartz und Zozaya-Gorostiza (2003) bilden in ihrem OBV die unsicheren Auszahlungen von

Entwicklungsprojekten durch einen stochastischen Prozess ab. Dieser berücksichtigt neben der sinkenden Unsicherheit der Auszahlungen und Abnahme der Kosten für die zur Entwicklung benötigten IT-Assets über den Projektverlauf auch die technische Unsicherheit der erfolgreichen Implementierung sowie Schwankungen hinsichtlich der Auszahlungen für Löhne und Material.

Annahme der sicheren Laufzeit der Option (A4)

Kumar (2002) diskutiert die Annahme immerhin dahingehend, dass die Dauer der Entwicklung von Software unsicher sein kann. Bei der Modellierung geht er jedoch von einer sicheren Laufzeit aus. Schwartz und Zozaya-Gorostiza (2003) gehen ebenfalls darauf ein, dass Softwareentwicklungsprojekte unsichere Laufzeiten haben können, vernachlässigen dies aber in der Modellierung.

Tabelle III–6 stellt die hier genannten Beiträge und deren Umgang mit den Annahmen noch einmal dar.

Tab. III–6: Annahmen der OBVs – Investitionen in Individualsoftware

	A1	A2	A3	A4
<i>Investitionen in Individualsoftware</i>	<i>Kritisch</i>	<i>Keine Aussage</i>	<i>Kritisch</i>	<i>Keine Aussage</i>
Bardhan et al. (2004)	-	-	+	-
Diepold et al. (2009)	+	-	-	-
Diepold et al. (2011)	+	-	-	-
Dolci et al. (2010)	-	-	-	-
Kumar (2002)	o	-	+	o
Schwartz and Zozaya-Gorostiza (2003)	+	-	+	o

„+“ = Diskussion der Annahme, Berücksichtigung bei der Modellierung

„o“ = Diskussion der Annahme, keine Berücksichtigung bei der Modellierung

„-“ = Keine Diskussion der Annahme, keine Berücksichtigung bei der Modellierung

Zwischenfazit

Bei der Untersuchung der identifizierten Literatur zur Bewertung von IT-Investitionen in Individualsoftware fällt auf, dass vier von sechs Beiträgen die kritische Annahme (A1) zumindest diskutieren und drei Beiträge in der Modellierung auf präferenzabhängige Verfahren

zurückgreifen. Annahme (A2) wird dagegen von keinem Beitrag adressiert. Im Vergleich zu den oben analysierten Investitionen in Standardsoftware zeigt sich, dass die Hälfte der identifizierten Beiträge die Unsicherheit der Investitionsauszahlungen aktiv adressiert und durch Wahl eines geeigneten Bewertungsverfahrens adäquat berücksichtigt. Somit tragen diese Beiträge einer wesentlichen Eigenschaft von Investitionen in Individualsoftware Rechnung. Kumar (2002) und Schwartz und Zozaya-Gorostiza (2003) diskutieren zudem die Tatsache, dass die Laufzeit der Option unsicher sein kann. Dies sind zudem die einzigen Beiträge in dieser Kategorie, die eine Verzögerungsoption modellieren und bewerten. Da bei Verzögerungsoptionen der Beginn der Investition meist nicht von einem vorhergehenden Projekt abhängt, sondern von der Aussicht auf günstigere Zustände, scheint die Diskussion einer vorgezogenen Ausübung angebracht.

III.1.4.3 Investitionen in neue Technologien

III.1.4.3.1. Allgemeine Beschreibung

Investitionen in neue Technologien sind durch sehr hohe und irreversible Anfangsauszahlungen gekennzeichnet, denen unsichere zukünftige Einzahlungen gegenüberstehen (Harmantzis und Tanguturi 2007, S. 110). Ein wichtiges Kriterium bei der Bewertung von Investitionen in neue Technologien stellt die Bestimmung des optimalen Zeitpunkts der Investition dar. Dieser ist aufgrund von externen Einflüssen wie bspw. dem Verhalten von anderen Marktteilnehmern oder dem technologischen Wandel höchst unsicher, was sich wiederum auf die mit der Investition verbundenen Zahlungsströme auswirkt (Kauffman und Li 2005, S. 15). Um diese Charakteristika von Investitionen in neue Technologien bei der Bewertung berücksichtigen zu können, wird häufig auf den ROA zurückgegriffen. Dabei wird die Entscheidungssituation meist als Verzögerungsoption modelliert (Benaroch 2002, S. 45). Diese bildet die Möglichkeit von Unternehmen ab, die unsichere Marktentwicklung abzuwarten und die Investitionsentscheidung zu verzögern. Es liegt die Annahme zugrunde, dass sich die Unsicherheiten über den Zeitablauf reduzieren und die ursprünglichen geschätzten Werte den realisierten Werten annähern. Diese Art von Handlungsflexibilität wird oftmals als „Wait-and-See“-Strategie bezeichnet (Benaroch 2002, S. 45). Allerdings birgt das Verzögern der Investitionsentscheidung auch zusätzliche Risiken wie bspw. das Auftreten von Wettbewerb oder alternativer Technologien.

Annahme des vollständigen Marktes (A1)

Auch für diese Art der IT-Investition ist die Annahme des vollständigen Marktes kritisch zu sehen.

Annahme des stochastischen Prozesses mit konstanter Varianz (A2)

Wie bereits beschrieben unterstellt die GBM lediglich geringe Änderungen über einen kurzen Zeitverlauf. Die Entwicklung von neuen und innovativen Technologien ist jedoch von externen Einflüssen geprägt, welche einen signifikanten Einfluss auf die Einzahlungen aus der Nutzung der Technologie haben können. Daher ist diese Annahme für die Optionsbewertung kritisch.

Annahme der sicheren Auszahlungen (A3)

Die beschriebene unsichere Entwicklung der neuen Technologien betrifft neben den Einzahlungen auch die zugehörigen Auszahlungen, da nicht absehbar ist, wie diese sich entwickeln. Insbesondere aufgrund der Tatsache, dass diese Art der IT-Investition oftmals als Verzögerungsoption modelliert wird und somit die Auszahlungen für die Investition zu einem unbestimmten Zeitpunkt in der Zukunft anfallen, ist Annahme (A3) ebenfalls als kritisch zu betrachten.

Annahme der sicheren Laufzeit der Option (A4)

Wie eingangs erwähnt werden Investitionen in neue Technologien oft als Verzögerungsoptionen modelliert, um damit eine „Wait-and-See“-Strategie zu bewerten. Da der optimale Investitionszeitpunkt in der Regel unsicher ist, so ist die Annahme für die Optionsbewertung kritisch.

III.1.4.3.2. Analyse der Beiträge

Annahme des vollständigen Marktes (A1)

Dos Santos (1991, S. 79) erwähnt, dass die Identifikation eines am Markt gehandelten Twin-Security kaum möglich ist. Dennoch wendet er das auf dem BSM beruhende Margrabe-Modell zur Optionsbewertung an. Benaroch und Kauffman (1999) diskutieren die Annahme des vollständigen Marktes ebenfalls und greifen zur Rechtfertigung der Anwendung auf ihre bereits in Abschnitt 4.1.2 dargelegte Argumentation zurück.

Andere Autoren adressieren die kritische Annahme (A1) in ihrer Modellierung: Kauffman und Li (2005) und Li (2009) erkennen ebenfalls, dass das Underlying selbst nicht gehandelt wird und auch kein Twin-Security existiert. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass klassische OBVs daher nicht angewendet werden sollten. Während Kauffman und Li (2005) ihre

Problemstellung als Optimierungsproblem formulieren und eine eigene analytische Lösungsformel ableiten, erfolgt die Berechnung des Optionswerts bei Li (2009) auf Basis einer Simulation. Damit steht in beiden Fällen Annahme (A1) der Bewertung nicht entgegen. Kauffman und Kumar (2008) sowie Schwartz und Zozaya-Gorostiza (2003) modellieren das Underlying als Erwartungswert einer Zufallsvariable, welche eine Risikoprämie besitzt. Beide Ansätze formulieren die Bewertung der Option als dynamisches Optimierungsproblem, für deren Lösung Annahme (A1) nicht von Bedeutung ist. Benaroch und Kauffman (2000) und Harmantzis und Tanguturi (2007) berücksichtigen Annahme (A1) in der Bewertung, indem sie ein präferenzabhängiges Bewertungsverfahren anwenden. So erweitern beide das BSM um den Parameter „rate-of-return shortfall“ mit folgender Absicht: Nach Trigeorgis (1996, S. 101ff) fällt die Rendite eines Underlyings, welches nicht oder nur in geringen Mengen an einem Markt gehandelt wird, geringer aus als die Rendite eines gehandelten Assets mit gleichem Risiko. Diese Differenz wird als „rate-of-return shortfall“ bezeichnet. Trigeorgis (1996, S. 101ff) kommt so zu der Erkenntnis, dass Optionen unabhängig von der tatsächlichen Handelbarkeit des Underlyings bewertet werden können, sofern den projektspezifischen Risiken durch eine individuelle Anpassung der Wachstumsrate des Underlyings Rechnung getragen wird.

Annahme des stochastischen Prozesses mit konstanter Varianz (A2)

Benaroch und Kauffman (1999) nehmen in ihrem Beitrag eine GBM an. Die Autoren erwähnen jedoch, dass es Modellerweiterungen gibt, die alternative stochastische Prozesse berücksichtigen können. Diese können jedoch wiederum zu ungenauen Ergebnissen führen (Benaroch und Kauffmann 1999, S. 83). Kauffman und Kumar (2008) greifen diesen Aspekt auf und modellieren einen Jump-Diffusion-Prozess und lassen damit explizit Sprünge in der Entwicklung des Underlyings zu.

Annahme der sicheren Auszahlungen (A3)

Benaroch und Kauffman (1999) nehmen die Investitionsauszahlungen als sicher an, verweisen allerdings auf das Margrabe-Modell für den Fall, dass die Auszahlungen unsicher wären. Ji (2010) geht explizit auf die Investitionsauszahlungen ein und unterstellt, dass die Auszahlungen für die Investition von Auszahlungen in organisationales Lernen abhängen. Dos Santos (1991) modelliert neben den unsicheren Einzahlungen durch die Anwendung des Margrabe-Modells explizit auch unsichere Auszahlungen, womit Annahme (A2) adressiert wird. Kauffman und Kumar (2008) sowie Schwartz und Zozaya-Gorostiza (2003) bilden Kostenunsicherheit ebenfalls durch eine Zufallsvariable, welche einem stochastischen Prozess folgt, ab.

Annahme der sicheren Laufzeit der Option (A4)

Harmantzis und Tanguturi (2007) thematisieren Annahme (A4), unterstellen jedoch, dass die Laufzeit der Option exogen gegeben ist.

Li (2009) argumentiert, dass sich der Zeitpunkt der Investition in eine neue Technologie, und damit die Laufzeit der Option, aus dem modellierten Prozess ergibt. So kommt er zu dem Schluss, dass der Zeitpunkt der Investition sowohl vom organisationalen Lernen als auch von der Aufnahmekapazität des Unternehmens hinsichtlich der neuen Technologie abhängt und modelliert deshalb die Laufzeit als Zufallsvariable. Kauffman und Li (2005) modellieren den Zeitpunkt der Investition ebenfalls als Zufallsvariable. Sobald die technologische Entwicklung von konkurrierenden Technologien, welche einem stochastischen Prozess folgt, einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, sollte die Investition durchgeführt werden. Benaroch und Kauffman (1999; 2000), Harmantzis und Tanguturi (2007) und Ji (2010) greifen Annahme (A4) ebenfalls auf und wenden Black's Approximation (Black 1975) zur Bestimmung des idealen Ausübungszeitpunkts an. Dieses Verfahren basiert auf dem BSM und ermöglicht es, den Wert einer amerikanischen Option zu approximieren, indem mehrere europäische Optionen mit verschiedenen Laufzeiten bewertet werden.

Tabelle III–7 stellt die Beiträge und deren Umgang mit den Annahmen noch einmal dar.

Tab. III–7: Annahmen der OBVs – Investitionen in neue Technologien

	A1	A2	A3	A4
<i>Investitionen in neue Technologien</i>	<i>Kritisch</i>	<i>Kritisch</i>	<i>Kritisch</i>	<i>Kritisch</i>
Benaroch und Kauffman (1999)	o	o	o	+
Benaroch und Kauffman (2000)	+	-	-	+
Dos Santos (1991)	-	-	+	-
Harmantzis und Tanguturi (2007)	+	-	-	o
Ji (2010)	-	-	+	+
Kauffman und Kumar (2008)	+	+	+	-
Kauffman und Li (2005)	+	+	-	+
Kim (2008)	-	-	-	-
Li (2009)	+	-	-	-

Miller et al. (2004)	-	-	-	-
Panayi und Trigeorgis (1998)	-	-	-	-
Schwartz und Zozaya-Gorostiza (2003)	+	+	+	-
Tao et al. (2007)	-	-	-	-

„+“ = Diskussion der Annahme, Berücksichtigung bei der Modellierung
 „o“ = Diskussion der Annahme, keine Berücksichtigung bei der Modellierung
 „-“ = Keine Diskussion der Annahme, keine Berücksichtigung bei der Modellierung

Zwischenfazit

Bei der Analyse der identifizierten Literatur wird ersichtlich, dass im Vergleich zu den vorherigen Arten von IT-Investitionen alle Annahmen kritisch für die Bewertung sein können. Es fällt auf, dass einige Beiträge von der Verwendung der klassischen OBVs oder deren Erweiterungen absehen und zur Bewertung von Realoptionen entweder auf Simulationen oder auf Ansätze der dynamischen Optimierung zurückgreifen. Dies unterstreicht die Tatsache, dass sich diese Art von IT-Investitionen aufgrund ihrer Eigenschaften nicht für die Bewertung mittels der klassischen OBVs eignet. So haben viele Faktoren wie Wettbewerb oder technologischer Fortschritt Einfluss auf die Investitionsentscheidung, weshalb einige Beiträge alternative stochastische Prozesse modellieren. Annahme (A3) scheint bei dieser Art von IT-Investition auch sehr restriktiv, was dazu führt, dass manche Beiträge die Auszahlungen als Zufallsgrößen darstellen. Da der ideale Investitionszeitpunkt für Unternehmen erfolgsentscheidend sein kann (Benaroch und Kauffman 1999) und damit auch für die Bewertung äußerst relevant sein kann, ist auch Annahme (A4) sehr restriktiv. Mit Schwartz und Zozaya-Gorostiza (2003) sowie Kauffman und Kumar (2008) adressieren zwei Beiträge immerhin drei von vier Annahmen.

III.1.4.4 Erkenntnisse aus der Literaturanalyse

Die Literaturanalyse hat ergeben, dass in einigen Beiträgen Erweiterungen der klassischen OBVs angewendet werden mit dem Ziel, einzelne Annahmen der klassischen OBVs zu relaxieren (vgl. Tabelle III-8).

Tab. III-8: Erweiterungen der klassischen OBVs

Annahmen der OBVs	Partielle Erweiterung zur Relaxierung
-------------------	---------------------------------------

(A1) Vollständiger Markt	Präferenzabhängiges Bewertungsverfahren
(A2) GBM und konstante Varianz	Jump-Diffusion-Modell
(A3) Sicherer Ausübungspreis	Margrabe-Modell
(A4) Sichere und bekannte Laufzeit	Black's Approximation

Die Annahme des vollständigen Marktes (A1) kann dadurch adressiert werden, dass zwischen Marktrisiken und projektspezifischen Risiken unterschieden wird. So können Marktrisiken weiterhin im Rahmen der Optionsbewertung, projektspezifische Risiken hingegen auf Basis eines präferenzabhängigen Bewertungsverfahrens bewertet werden. Es müssen somit subjektive Einschätzungen eingeholt und in der Bewertung berücksichtigt werden. Hierzu wird bspw. die Integration eines Entscheidungsbaums oder des sog. „rate-of-return shortfall“ (Trigeorgis 1996, S. 127) vorgeschlagen.

Sollte die Entwicklung des Underlyings als sprunghaft angenommen werden und somit nicht anhand der GBM beschrieben werden können, kann nach Merton (1976) ein Jump-Prozess als Entwicklungsprozess des Underlyings angenommen werden (Jump-Diffusion-Modell). Dieses Vorgehen führt jedoch zu einer steigenden Komplexität bei der Optionsbewertung.

Ist eine IT-Investition durch unsichere Auszahlungen gekennzeichnet, findet oftmals das Margrabe-Modell (1978) Anwendung. Dieses basiert auf dem BSM und bewertet eine Austauschoption, bei welcher ein riskantes Asset durch ein anderes riskantes Asset ersetzt werden kann. Das Modell unterstellt, dass der Basispreis der Option unsicher ist und einem kontinuierlichen stochastischen Prozess mit konstanter Varianz folgt, der mit dem stochastischen Prozess des Underlyings korreliert ist. Somit können durch Verwendung dieses Modells Unsicherheiten in den Auszahlungen berücksichtigt werden.

Sollte die Laufzeit und damit der Ausübungszeitpunkt der Option unbekannt sein bzw. die Option vorzeitig ausgeübt werden können, so ermöglicht Black's Approximation (Black 1975) die approximative Bestimmung des Werts einer amerikanischen Option. Durch das auf dem BSM basierende Modell werden für potenzielle Ausübungszeitpunkte die zugehörigen Optionswerte anhand des BSM bestimmt. Somit kann bspw. bei Verzögerungsoptionen der optimale Ausübungszeitpunkt bestimmt werden (vgl. Benaroch und Kauffman 1999; 2000).

Diese im Rahmen der Literaturanalyse identifizierten partiellen Erweiterungen sind zudem kombinierbar, so dass auch mehreren kritischen Annahmen zugleich Rechnung getragen

werden kann. Wenn die Eigenschaften der zu bewertenden Realoptionen allerdings sehr inkompatibel mit den Annahmen der klassischen OBVs sind, modellieren einige Autoren die Investitionsentscheidung auch als dynamisches Optimierungsproblem. Dadurch finden die klassischen OBVs bzw. deren Erweiterungen keine Anwendung mehr, weshalb auch die zugehörigen Annahmen nicht mehr erfüllt werden müssen.

III.1.5 Fazit

Ziel des Beitrags war es zum einen, mittels einer strukturierten Literaturanalyse herauszuarbeiten, welche Beiträge IT-Investitionen anhand des ROA monetär bewerten. Diese Beiträge wurden dahingehend analysiert, welche Arten von IT-Investitionen als Bewertungsgegenstand dienen. Anschließend wurden die Beiträge daraufhin untersucht, wie die Autoren mit den kritischen Annahmen der OBVs umgehen und inwiefern ihr Vorgehen mit den Eigenschaften der bewerteten Art von IT-Investition kompatibel ist.

Die Analyse der 28 Beiträge hat verdeutlicht, dass die eingangs genannte Kritik von Kruschwitz (2011) berechtigt ist, da die klassischen OBVs Annahmen enthalten, die im Kontext von IT-Investitionen eher nicht erfüllt sind. Dabei überrascht es nicht, dass die Annahme des vollständigen Marktes der Anwendung des ROA am stärksten entgegensteht. Dies ist in der Literatur bekannt und wird häufig qualitativ diskutiert. Anwender des ROA sollten jedoch eher dazu übergehen, dieser Annahme durch eine geeignete Modellierung zu begegnen, was durch eine präferenzabhängige Bewertung erreicht werden kann. Es kann jedoch auch Situationen geben, in denen Annahme (A1) erfüllt ist. Sollte ein Unternehmen bspw. Software selbst entwickeln und an einem Markt verkaufen, ergibt sich der Wert des Underlyings aus den am Markt erzielten Verkaufserlösen. Eine solche Diskussion findet sich bspw. im Beitrag von Heinrich et al. (2011). Wie aus der Analyse weiter deutlich wurde, hängt insbesondere die Kritikalität der Annahmen (A3) und (A4) von der bewerteten Art der IT-Investition ab, für welche die folgenden Erkenntnisse abgeleitet werden konnten:

- **Investitionen in Standardsoftware** werden in der wissenschaftlichen Literatur häufig anhand von klassischen OBVs bewertet. Dies liegt insbesondere daran, dass verhältnismäßig wenig Unsicherheit hinsichtlich der Kosten vorliegt, zumindest sofern der Customizing-Aufwand vernachlässigt bzw. verlässlich geschätzt werden kann. Darüber hinaus beginnt die Nutzung von Standardsoftware meist zeitnah, so dass auch die Einzahlungen in der Regel verlässlicher geschätzt werden können. Sofern Annahme (A1) durch eine präferenzabhängige Bewertung Rechnung getragen wird, stehen die

Eigenschaften dieser Art von IT-Investition der Optionsbewertung nicht entgegen. Sollte die Investition jedoch durch einen hohen und unsicheren Customizing-Aufwand gekennzeichnet sein, so ist diese eher als „Investition in Individualsoftware“ einzustufen.

- **Investitionen in Individualsoftware** sind dagegen insbesondere durch unsichere Auszahlungen gekennzeichnet, welche wiederum aus der unsicheren Dauer und weiteren, projektspezifischen Risiken während der Entwicklung resultieren. Daher ist an dieser Stelle die Verwendung eines OBVs zu empfehlen, welches einen unsicheren Basispreis zulässt (bspw. Margrabe-Modell). Es ist allerdings zwischen der Eigenentwicklung sowie dem Fremdbezug von Individualsoftware zu unterscheiden, da bei letzterem das Risiko zumindest teilweise verlagert werden kann. Auch in diesem Fall muss jedoch eine präferenzabhängige Bewertung stattfinden.
- **Investitionen in neue Technologien** sind insbesondere durch die unsichere zukünftige Entwicklung der Einzahlungen und der Auszahlungen sowie des richtigen Ausübungszeitpunkts gekennzeichnet. Da zudem auch hier kein vollständiger Markt vorliegt, sind alle hier diskutierten Annahmen der klassischen OBVs als kritisch zu betrachten. Daher überrascht es nicht, dass der Großteil der identifizierten Beiträge für die Bewertung von Realloptionen auf Simulationen oder dynamische Optimierungsmodelle zurückgreift.

Wie aus der Analyse ersichtlich wurde, muss die Zulässigkeit der monetären Bewertung von Realloptionen zum einen für den konkreten Bewertungsgegenstand, d.h. für die bewertete Art der IT-Investition, sowie zum anderen für das verwendete OBV untersucht werden. Dies ist damit zu begründen, dass häufig spezifische Eigenschaften der Investitionen den Annahmen und damit der Zulässigkeit der Anwendung der Verfahren entgegenstehen. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die in diesem Beitrag erzielten Erkenntnisse nicht für jede IT-Investition der jeweiligen Art pauschale Gültigkeit besitzen, sondern aufgrund der im Beitrag eher abstrakten Perspektive die Aussagen vielmehr Tendenzaussagen mit Empfehlungscharakter darstellen. Für eine konkrete IT-Investition, die anhand des ROA bewertet werden soll, ist daher im Detail zu prüfen, inwieweit die Annahmen existierender OBVs mit den Eigenschaften der Investition kompatibel sind. Dabei gilt es zu beachten, dass zukünftige IT-Investitionen aller Voraussicht nach nicht mehr nur durch die hier identifizierten Arten gekennzeichnet sein werden, sondern dass neue Entwicklungen und Trends im Bereich IT deren Eigenschaften, und damit die Möglichkeit der Anwendung des ROA, beeinflussen können. Bedenkt man bspw. die zunehmende Vernetzung von IT, so müssen die Auswirkungen

der zugehörigen Risiken (bspw. Angriffe oder Viren) auf die Annahmen der OBVs ebenfalls untersucht werden.

Die hier aufgezeigten Zusammenhänge sollen daher Denkanstöße für weitere Forschungsarbeiten, welche sich mit der Bewertung von IT-Investition anhand des ROA beschäftigen, geben und zudem das Bewusstsein für die aktive Diskussion und Adressierung der den OBVs zugrundeliegenden Annahmen schaffen.

III.2 Beitrag 3: „A Real Options Approach for Valuating Intertemporal Interdependencies within a Value-Based IT Portfolio Management – A Risk-Return Perspective“

Autoren:	Dennis Diepold, Christian Ullrich Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement, Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik, Informations- & Finanzmanagement (Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl) Universität Augsburg, D-86135 Augsburg dennis.diepold@wiwi.uni-augsburg.de christian.ullrich@wiwi.uni-augsburg.de Alexander Wehrmann Senacor Technologies AG Vordere Cramergasse 11, D-90478 Nürnberg alexander.wehrmann@senacor.com Steffen Zimmermann Universität Innsbruck Universitätsstraße 15, A-6020 Innsbruck steffen.zimmermann@uibk.ac.at
Erschienen 2009 in:	Proceedings of the 17th European Conference on Information Systems (ECIS), Verona, Italien

Zusammenfassung:

Value-based IT portfolio management requires the consideration of intertemporal interdependencies that may exist among IT projects. Therefore, several papers suggest adopting the real options approach in order to include intertemporal interdependencies within the valuation of IT projects. However, this paper shows that the standard Black-Scholes model, which is often used for valuating real options, is not appropriate to correctly account for project-specific private risks due to its restrictive assumptions. Since this can have major impacts on the value of IT projects, we develop an approach – based on the Black-Scholes

model – to consider private risks properly within project valuation. A comparison of the results of the standard Black-Scholes model used today and our approach finally reveals that the neglect of private risks results in a systematic underestimation of both risk and return of IT projects, which may lead to wrong investment decisions.

III.2.1 Introduction

Since firms with superior IT governance have at least 20 percent higher profits than firms with poor governance (Weill and Ross 2004), it is not surprising that in practice much effort is put towards implementing IT governance structures (IT Governance Institute 2008). Amongst others, companies seek to implement methods to plan and manage IT investments aligned with their business objectives. Since a lot of firms primarily seek to maximize shareholder value, they need to determine the value proposition of each IT investment considering its risk and return (IT Governance Institute 2008). But it is not sufficient to value each IT investment separately, because firms usually conduct several IT investments simultaneously or consecutively, which may cause the existence of interdependencies among these investments. Due to the fact that those interdependencies affect the value of a single investment, firms should rather implement methods to value the overall IT portfolio and make sure that interdependencies are considered correctly.

But as of today, only about half the firms are capable of measuring risk and return of their IT investments (IT Governance Institute 2008) and much less they are capable of accounting for interdependencies among multiple investments within a value-based IT portfolio management (ITPM). But interdependencies and conflicts among IT projects in particular are one of the primary reasons for budget over-spending, which affects about one third of all IT investments according to a study of CA Inc. (2007). Interdependencies also play a decisive role when investments in IT infrastructure (e. g. operating systems or core banking systems) are considered, which account for 31% of all IT investments (CIO Insight 2004). IT infrastructure investments are typically characterized by high cash out-flows and – if at all – only low direct cash in-flows. If firms value these investments without considering interdependencies, it is likely that they will be rejected from an economic perspective. Given that business objectives may require IT infrastructure investments (base projects) that provide an option to launch future value added projects (follow-up projects), the profits of the follow-up projects can be attributed to the base projects to some extent. Such intertemporal interdependencies are often modelled

as real options. Research literature suggests adapting approaches from financial theory to the valuation of real options, but does not thoroughly verify the applicability of these approaches.

Therefore, this paper contributes to valuating IT base projects that contain intertemporal interdependencies with an advanced real options approach. After a discussion about the applicability of the Black-Scholes model (BSM) to the valuation of real options, we conclude that strict assumptions of the BSM prevent its application to a correct valuation of base projects, since project-specific risks (e. g. quality risks) that influence the value of possible follow-up projects cannot be considered. Hence, we extend the BSM in a way that it will be capable of valuating base projects correctly. Furthermore, we will show that the BSM – as it is used today for valuating base projects – underestimates the return of any base project as well as the associated risk due to the disregard of project-specific risks.

This paper is organized as follows: In chapter 2 we provide an overview of existing ITPM approaches. Thereby, we analyze how intertemporal interdependencies are considered today and question the applicability of the BSM to the valuation of IT projects that contain intertemporal interdependencies. In chapter 3, a model extending the BSM by a correct consideration of project-specific risks is proposed. The article concludes in chapter 4 with a recapitulation of the achieved results. Thereby, the limitations of the model as well as perspectives for further research are discussed. A real-world example will serve as running-example throughout the paper and underpin the relevance of our findings.

III.2.2 Literature Survey and Research Question

IT governance, which is defined as „*structure of relationships and processes to direct and control the enterprise in order to achieve the enterprise’s goals by adding value while balancing risk versus return over IT and its processes*” (IT Governance Institute 2008), postulates value-based approaches to manage IT investments. This is in accordance with the definition of ITPM by Kaplan (2005), who refers to ITPM as a „*method for governing IT investments across the organization, and managing them for value*“. According to these definitions firms have to value their IT investments as well as their overall IT portfolio under a risk-return perspective. Since existing interdependencies among IT investments can affect the value proposition of the investments (Santhanam and Kyparisis 1996), firms also have to consider them. These interdependencies can be categorized as follows:

- Intratemporal interdependencies:

These interdependencies occur due to resource conflicts or structural bottlenecks (e. g. use of same processes or IT functionalities) in case that multiple IT projects are conducted at the same time.

- Intertemporal interdependencies:

These interdependencies occur if IT projects serve as basis for potential follow-up projects.

As a result, value-based ITPM approaches require firms to focus on a risk-return perspective of their IT investments on the one hand, but also to consider inter- and intratemporal interdependencies among IT investments on the other hand.

III.2.2.1 Value-based ITPM: Status Quo

Since value-based ITPM requires the quantification of both risk and return of IT investments, those approaches are also referred to as quantitative ITPM approaches. Verhoef (2005) for example uses the Net Present Value to value IT projects. He includes risk by introducing the “*weighted average cost of IT*” as discount factor, but he does not consider any interdependencies among IT investments, which makes this approach insufficient for a value-based ITPM due to the requirements mentioned above.

Santhanam and Kyparisis (1996), Butler et al. (1999), and Asundi and Kazman (2001) include intratemporal interdependencies among IT projects in their approaches. They use modern portfolio theory by Markowitz to aggregate IT projects to IT portfolios and intratemporal interdependencies are represented by correlations among IT projects. But these approaches still neglect intertemporal interdependencies, which leads to poor or incorrect valuations especially for infrastructure projects that are characterized by low or even none direct cash in-flows.

Bardhan et al. (2004) in contrast focus on intertemporal interdependencies among IT projects. They assume that a firm has the right – but not the obligation – to conduct possible follow-up projects after the completion of a base project. This right is modelled as a real option.

III.2.2.2 Real Option Approaches for IT portfolio management

There exist many other approaches for IT portfolio management using real options theory. E. g. Benaroch (2002) suggests a real options approach called option based risk management (OBRiM) to mitigate risks of IT projects, which is empirically validated by Benaroch et al. (2006) and Hilhorst et al. (2008). But this approach is “not concerned with determining the

monetary value that embedded options add to an investment” (Benaroch et al. 2006). Thus it is insufficient according to the requirements and concerns of this paper.

On the contrary, Taudes et al. (2000), Benaroch and Kauffman (1999) and Fichman et al. (2005) suggest the application of real options analysis (ROA) to the valuation of IT projects analogical to the approach of Bardhan et al. (2004) and fulfil consequently the requirements of a value-based ITPM. All these approaches use the standard BSM or binomial trees to value existing real options.

But the application of valuation models like the BSM, which is adapted from financial options to real options theory, is heavily criticized due to its restrictive assumptions (Emery et al. 1978; Schwartz and Zozaya-Gorostiza 2003). Thus, the differences between financial and real options must be regarded properly, otherwise the application of the BSM to the valuation of intertemporal interdependencies can lead to skewed results. We therefore discuss the applicability of the BSM to the valuation of intertemporal interdependencies in the next chapter.

III.2.2.3 Applicability of the Black-Scholes Model to the Valuation of Intertemporal Interdependencies

The BSM is based on a riskless valuation of the option, whereby systematic risks are eliminated through a replicating portfolio consisting of the underlying and the option (Hull 2003). In order to be able to build this replicating portfolio and to continually hedge it during the runtime of the option, liquidity of the involved assets is a key requirement. But since real options usually cannot be traded and thus are illiquid (especially in the case of IT projects), the replicating portfolio cannot be built, which raises critics about the applicability of the BSM to the valuation of real options.¹

Sick (2001) picks up this criticism and argues that the replicating portfolio does not necessarily have to consist of the option and its underlying per se. In fact, any liquid assets can be used for constructing the replicating portfolio, as long as they possess the same systematic risk. Therefore, trading real options is not necessary for a correct application of the BSM. Hence, the BSM can be used for the valuation of real options in case that the systematic risks can be replicated by tradable assets, which accordingly requires a complete market.

Therefore, the application of the BSM implies that the underlying investments contain only systematic risks (market risks). This issue is also raised by Copeland and Antikarov (2003),

¹ For a thorough explanation of the BSM see Hull (2003).

who argue that with both financial and real options, risk - the uncertainty of the underlying - is assumed to be exogenous. This represents one major weakness of today's application of the BSM to the valuation of real options, since there are also unsystematic risks inherent in every IT investment, which are referred to as "private risks" by Smith and Nau (1995). Those private risks or project-specific risks, like for instance deficient software quality, incorrect interpreted specifications, or problems with new technologies or frameworks, account for the major source of all risks concerning IT investments.

These risks cannot be considered within the replicating portfolio, since there are no liquid assets that perfectly replicate the private risks of the base project due to their uniqueness. As a result, the BSM cannot account for private risks and therefore neglects a major source of risks in the valuation of IT investments (Smith and Nau 1995).

In order to address this weakness, Smith and Nau (1995) suggest changing the assumption of a complete market into a partially complete market, which still provides liquid assets to account for market risks. Thus, the BSM can still be applied to the valuation of real options and does consider market risks, but private risks must be incorporated otherwise.

Irrespective of these facts, several articles apply the BSM to the valuation of real options without paying attention to its applicability and thus disregard the differences between financial and real options. Mason and Merton (1985) argue that although the underlying is not traded, firms rather seek to determine what the project cash flows would be worth if they were traded. A similar qualitative discussion, which eventually equates real options theory with financial options theory, can also be found in Benaroch and Kauffman (1999) and Taudes et al. (2000).

In these articles the expected value of the cash in-flows (of the follow-up project in our case) usually serves as underlying of the option, since there is no observable market value (Schwartz and Zozaya-Gorostiza 2003). This expected underlying value contains the potential impacts of market and private risks. It can be determined by specifying scenarios and valuating them through a decision tree analysis. Possible deviations from the expected underlying value, which are caused by market risks as well as private risks, are oftentimes considered solely within the volatility of the BSM (cp. Bardhan et al. 2004). But – as we have discussed above – this is not valid since only market risks can be hedged in a replicating portfolio of liquid assets. Taudes et al. (2000) and Benaroch and Kauffman (1999) do not pick up the different risk types as a central theme in their articles. If we assume benevolently that the authors consider only market risks within the volatility of the BSM, their application would be consistent to the assumptions of the

standard BSM. However, in this case they would completely disregard private risks in their valuation, which leads to skewed results because a significant part of IT project risks are neglected.

III.2.2.4 Research Question

Because of the major weakness of the standard BSM regarding the consideration of private risks, we will answer the question, how intertemporal interdependencies can be correctly valued using the BSM within the scope of a value-based ITPM. Therefore, it is necessary to extend the BSM by a correct consideration of the impacts of private risks of the underlying (follow-up project) on the risk-return position of a base project.

But before answering this research question using our approach, we introduce a real world example to illustrate the relevance of this question. This example is taken from an IT Portfolio of a German retail bank, which invests a high binary million amount per year into IT projects. For reasons of confidence we changed the data proportional to the original values. The example will be continued throughout the paper.

A multi-channel retail bank wants to enhance its market position (relative market share) in distributing consumer credits. To reach this strategic objective, they want to increase the level of automation of their credit processes and enable a risk-adjusted pricing of consumer credits. Therefore, existing credit processes have to be redesigned, which requires the adaption of the IT landscape. First of all, their core banking backend-systems has to be changed. The costs for this infrastructure project are estimated at 2 million Euros. Furthermore, the investment into the backend-system does not generate any direct cash in-flows, which leads to the fact that it should be rejected from an economic perspective if the project is considered independently. But the bank decided to base their investment decision not solely on the NPV of this infrastructure project. The company rather considers this project to serve as a base project that provides the launch of future value adding project opportunities, which can be realized once the backend-systems are implemented successfully. Thereby, the company identifies a follow-up project that integrates the new credit-pricing into the existing retail frontends (i. e. in-store, online, and call-center) as a lucrative opportunity and decides to include this possible follow-up project within their investment decision. In contrast to the base project, the bank anticipates high cash in-flows from the follow-up project due to the involved launch of new credit products as well as savings on human resources due to the automation of credit processes. In order to integrate this possible

follow-up project into the investment decision, the company wants to use the real options approach to evaluate the base project with the follow-up project being an option to expand.

III.2.3 Consideration of Private Risks within the Valuation of Intertemporal Interdependencies

To illustrate our model and the impact of private risks on the risk-return position of a base project, we firstly have to introduce some notations and assumptions.

III.2.3.1 Notations and Assumptions

A firm has to decide, whether it invests in an IT project (base project) at time $t = 0$ with a runtime of T periods. This base project creates the technical requirements for a possible follow-up project. In case of conducting the base project, the firm can decide in $t = T$ whether it invests in the follow-up project or not. This can be interpreted as an intertemporal interdependency and thus be modelled as a real option (option to expand) on the follow-up project. Because the focus of this paper is the correct valuation of the real option using the BSM, we state the following simplistic assumption:

(A1) The direct cash flows and thus the isolated Net Present Value (*NPV*) of the base project (without considering the impacts of the follow-up project) are known and fixed.

In order to value the real option under a risk-return perspective we have to consider the risks concerning the follow-up project. During the runtime of the base project two major types of risk exist which cause uncertainty regarding the cash in-flows of the follow-up project. The first type of risk can be described as market risks, which – as we mentioned earlier – can be considered by the volatility of the standard BSM. Examples for market risks are uncertainties regarding economic conditions like the prime rate or the demand since they are subject to fluctuations. The second type of risk – private risks – cannot be considered in the standard BSM as discussed above. It results from uncertainties regarding the implementation quality of the base project. Some examples of those uncertainties are:

- Uncertainty regarding the requirements of the base project: At the beginning of the base project it is not conceivable whether the functional or technical specifications describe the requirements unambiguously. Missing functionalities due to missing or incomplete functional specifications will limit the amount of possible subsequent applications.

- Uncertainty regarding the replacement of legacy systems: If (poor documented) legacy systems have to be replaced, unpredictable side effects can occur and reduce the scope of available functionalities.
- Uncertainty regarding the product quality: Irrespective of the uncertainties mentioned before, the implementation itself can be inaccurate. If too many critical mistakes are made during the implementation, it is likely that the scope of available functionalities is reduced.

These uncertainties can be responsible for providing an insufficient amount of functionalities at time $t = T$. The fact that the cash in-flows of the follow-up project (underlying of the real option) depend on the implementation quality of the base project leads to our second assumption:

(A2) At time $t = 0$, there is a known functional connection between the achieved implementation quality of the base project at time $t = T$ and the cash in-flows of the follow-up project. The present value of the cash in-flows of the follow-up project at time $t = 0$ is represented by the non-negative random variable \tilde{S}_0 with its known corresponding density function $f(s)$.²

Function $f(s)$ represents the potential impacts of the private risks on the present value of the cash in-flows of the follow-up project.

Since the follow-up project will be conducted by an IT services provider and is already contractually fixed in $t = 0$, the cash out-flows of the follow-up project can be considered as independent of market and private risks, which leads to the following assumption:

(A3) The present value of the cash out-flows X_0 of the follow-up project is known and fixed at time $t = 0$.

This paper focuses on the correct consideration of private risks during the runtime of the base project, which affect the cash in-flows of a follow-up project. Therefore we abstract away from the existence of risks during the runtime of the follow-up project with the following assumption.

(A4) The present value of the cash in-flows of the follow-up project is known and fixed at time $t = T$ (depending on the implementation quality of the base project).

² \tilde{S}_0 can also be a discrete random variable with probability mass function $f(s)$.

On the basis of these assumptions we will discuss the impacts of private risks on the risk–return position of the real option and consequently on the base project in the next chapter. Therefore, we compare the results of the standard ROA with our approach.³

III.2.3.2 Impacts of Private Risks on the Risk-Return Position of the Base Project

According to standard ROA, the extended net present value (*ENPV*) denotes the return of the base project. It consists of the isolated net present value of the base project (*NPV*) and the value of the option (C_0) to extend the base project with a follow-up project (Trigeorgis 1996). In order to calculate C_0 the value of the underlying is required. But since the underlying is not traded on a market, the expected value of the underlying ($E(\tilde{S}_0)$)⁴ is often being used instead (Schwartz and Zozaya-Gorostiza 2003). Bardhan et al. (2004) therefore approximate $E(\tilde{S}_0)$ by conducting a scenario analysis. According to the BSM function $c(s)$, which is described in appendix A-2, the value of the option (C_0) then equals $c[E(\tilde{S}_0)]$ according to our notation. As a result, the return of the base project calculated with the standard BSM can be obtained through the following equation:

$$(1) \quad ENPV = NPV + C_0 = NPV + c[E(\tilde{S}_0)]$$

According to this approach the value of the option depends on the risk, but it still can be calculated deterministically, because all risks are hedged by the replicating portfolio. But note that equation (1) is only valid in case of a complete market, where only market risks exist, which can be replicated by traded securities, and private risks do not. But in a partially complete market private risks have to be considered separately.

Bardhan et al. (2004), for instance, consider private risks within their scenario analysis for the calculation of $E(\tilde{S}_0)$. They include the deviation of the underlying value within the volatility of the BSM. But unfortunately, this approach cannot account for private risks since only market risks can be considered within the BSM (cp. chapter 2). Other approaches neglect the impacts of private risks completely (e. g. Benaroch and Kauffman 1999), which leads to wrong investment decisions if a value-based valuation takes place.

³ The notation used in this paper is summarized in appendix A-2.

⁴ Even though the standard ROA does not explicitly account for \tilde{S}_0 , we denote the expected value of the underlying as $E(\tilde{S}_0)$ according to our notation, as it provides an intuitive description as well as a better comparison of the two approaches.

In order to correctly account for private risks, we first consider the present value of the cash inflows of the follow-up project being a non-negative random variable \tilde{S}_0 due to its uncertainty according to (A2). Since the corresponding and known density function $f(s)$ denotes the different realizations of \tilde{S}_0 (s^*), we can picture all possible impacts of the private risks on the cash inflows of the follow-up project.

In a next step we need to find out how this uncertainty of the underlying affects the option value. Therefore, we need to focus on the functional connection (in our case the BSM function $c(s)$) between the underlying and the option value. As the BSM function cannot handle private risks, an option value has to be generated for every possible realization s^* . Since every option value $c(s^*)$ has the same cumulated probability as its corresponding underlying value s^* , we

obtain $\int_0^{c(s^*)} g(c)dc = \int_0^{s^*} f(s)ds$ for all $s^* > 0$, and thus we can sufficiently approximate the density

function $g(c)$ of the option value \tilde{C}_0 , which is also a random variable. According to this transformation we now know the different impacts of the private risks on the option value. Finally, we have to add the option value \tilde{C}_0 to the net present value of the base project (NPV) to get the extended net present value of the base project ($E\tilde{NPV}$), which is consequently represented by a random variable:

$$(2) \quad E\tilde{NPV} = NPV + \tilde{C}_0 = NPV + c(\tilde{S}_0)$$

At the time when the decision about the base project is made ($t = 0$) we only know the approximated density function $g(c)$ of the option value and thus the probability for every possible option value, but we do not know the actual realization in $t = T$. In order to account for this uncertainty caused by private risks, we will use the expected option value ($E(\tilde{C}_0)$) to calculate the expected extended net present value of the base project ($E(E\tilde{NPV})$), since it includes all possible realizations of the option value that are caused by private risks. By doing so, $E(E\tilde{NPV})$ represents the return of the investment decision and can be obtained by the following equation:

$$(3) \quad E(E\tilde{NPV}) = NPV + E(\tilde{C}_0) = NPV + E[c(\tilde{S}_0)]$$

In order to compare the return of the base project obtained by our approach (equation (3)) with the standard BSM (equation (1)), we need to go into a more detailed analysis of the BSM

function. In case of call options the first and second derivative (i. e. the greeks “delta” and “gamma”) of the BSM function are positive (Hull 2003), thus we know that the BSM function is strictly monotonically increasing and strictly convex. Therefore, Jensen’s inequality, as is denoted in equation (4), becomes valid:

$$(4) \quad E(c(\tilde{S}_0)) \geq c[E(\tilde{S}_0)]$$

Since the BSM function is strictly convex, Jensen’s inequality can be rewritten in our case as $E(c(\tilde{S}_0)) > c[E(\tilde{S}_0)]$, which implies:

$$(5) \quad E(E\tilde{NPV}) = NPV + E[c(\tilde{S}_0)] > NPV + c[E(\tilde{S}_0)] = ENPV .$$

This leads to our first result:

(R1): The expected value of the real option and therefore the return of the base project are underestimated if the standard BSM (equation (1)) is used to valuate intertemporal interdependencies.

The return of the option derived by both, the standard BSM (equation (1)) and our approach (equation (3)), are pictured in Figure III–1. It further shows the density function of the underlying $f(s)$ and the density function of the real option $g(c)$, as well as their functional connection through the BSM function $c(s)$.

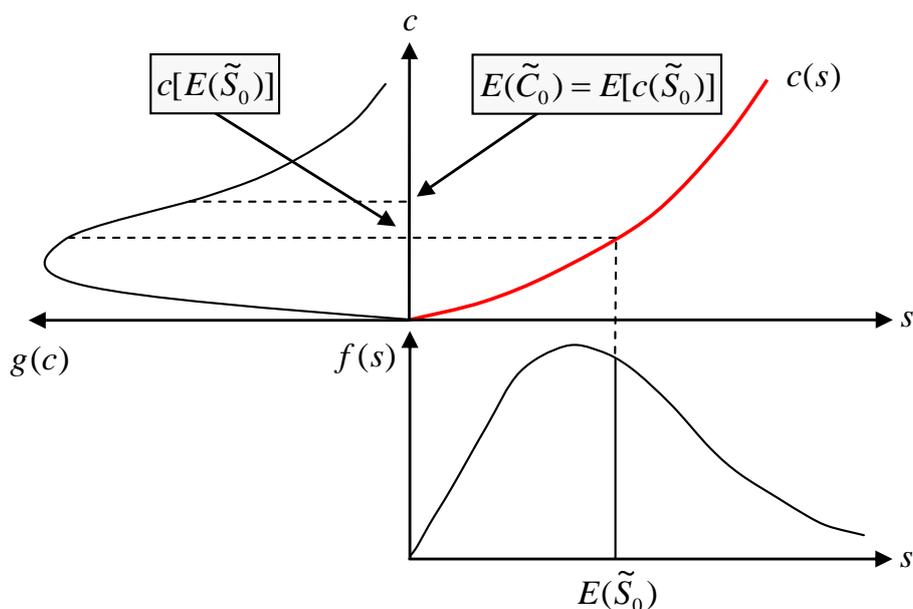


Abb. III–1: Impacts of the private risks on the option value

Figure III–1 also visualizes the consequence of Jensen’s inequality: The density function $g(c)$ results from a compression of $f(s)$, which is stronger for small values than it is for larger ones due the convexity of the BSM function $c(s)$ (The skewness of $g(c)$ is greater than the skewness of $f(s)$). This leads to the fact that the cumulated probability for $E(\tilde{C}_0)$ is greater than the cumulated probability for $E(\tilde{S}_0)$. But since the cumulated probability for $s^* = E(\tilde{S}_0)$ equals the cumulated probability for $c(s^*) = c[E(\tilde{S}_0)]$, $E(\tilde{C}_0)$ must be greater than $c[E(\tilde{S}_0)]$.

The bank decides to evaluate the possible follow-up project (option to expand) with the BSM, which created some challenges due to the collection of the data. Although the costs of the follow-up project, the risk-free rate, and the runtime of the base project could be estimated easily, the estimation of the discounted cash in-flows of the follow-up project (underlying of the option) seemed to be a major challenge, because they are based on the sale of new credit products. In order to address the uncertain success of the project, a scenario analysis (consisting of a worst-case, most-likely, and best-case scenario) was conducted (cp. Table III–9) that should cover possible outcomes. By doing so, the bank derived an expected value of the discounted cash in-flows in the amount of 5.7 million Euros. Furthermore, the estimation of the volatility of the discounted cash in-flows were another major challenge: Since the volatility can only account for market risks, the bank used the volatility of a credit derivative index, because it was believed that this volatility represents all relevant risks of the credit markets. An overview of the estimated values of the parameters needed for the BSM is provided below:

Tab. III–9: BSM Parameters⁵

Expected Present Value of Cash in-flows ($E(\tilde{S}_0)$)	Costs (X_0)	Risk-free rate (r)	Runtime (T)	Volatility (σ)
5.7 mio. Euros	4 mio. Euros	5%	1 year	40%

According to the standard BSM the option value obtained by the bank was 2.05 million Euros ($c[E(\tilde{S}_0)]$). Since the option value outweighs the negative NPV, the consideration of the intertemporal interdependency resulted in a positive value for the investment decision.

(a) $ENPV = -2 \text{ mio. Euros} + 2.05 \text{ mio. Euros} = 0.05 \text{ mio. Euros}$

⁵ The number for the volatility was adapted from Wigan (2006).

In the following, this result will be compared to the result the bank would have achieved if they had considered private risks correctly. According to our approach, the different scenarios represent the private risks, and thus an option value has to be determined for each scenario. Based on the resulting realizations of the option values the expected value of the real option has to be derived by summarizing the realizations weighted with their adherent probabilities.

Tab. III-10: Scenario Analysis and Option Valuation

Scenario	Present Value of Cash in-flows	Expected Present Value of Cash in-flows	Option Value	Expected Value of the Option
Best-case	8 mio. Euros	5.70 mio. Euros	4.22 mio. Euros	2.26 mio. Euros
Most-likely	6 mio. Euros		2.31 mio. Euros	
Worst-case	3 mio. Euros		0.23 mio. Euros	

As we can see from Table III-10, the expected option value calculated with our approach equals 2.26 million Euros. This leads to the following equation:

$$(a') \quad E(\tilde{ENPV}) = -2 \text{ mio. Euros} + 2.26 \text{ mio. Euros} = 0.26 \text{ mio. Euros}$$

Illustrated by this real world example we can state, that considering private risks correctly can lead to a fundamental increase of the return of the base project (in this case by approx. 420%).

The standard ROA approach also suggests that the value of the option ($C_0 = c[E(\tilde{S}_0)]$) is riskless, which means the resulting value of the base project ($ENPV$) is a fix return on the investment. Thus, no consideration of further risks concerning the investment decision is required. Our approach enables the consideration of private risks, which are the major source for uncertainty regarding IT projects. Hence, we modeled the value of the option as a random variable ($\tilde{C}_0 = c(\tilde{S}_0)$), which means the value of the base project is also a random variable (\tilde{ENPV}) with its expected value $E(\tilde{ENPV})$. This expected value represents the return on the base project. But the possible deviations of \tilde{ENPV} and so the private risk must be included in the investment decision about the base project. This leads to our second result:

(R2): Private risks are neglected if the standard BSM (equation (1)) is used to valuate intertemporal interdependencies within an IT project. According to our approach, the consideration of private risks leads to an uncertain value of the option and

consequently of the base project, which must be taken care of in the investment decision.

III.2.3.3 Consequences for the Investment Decision

Because of the uncertainty of the value of the base project resulting from private risks, the return or expected extended net present value is not sufficient for a risk-return integrated valuation within the scope of a value-based ITPM. Hence, it is necessary to balance risk versus return of the investment decision in order to get a thorough result. Therefore, the deviation of the project value resulting from our approach has to be opposed to the higher return in comparison to the standard BSM to get a risk adjusted value of the base project. The impact of this uncertainty on the risk adjusted value (value proposition), which results from private risks, heavily depends on the risk attitude of the decision maker.

If the decision maker is risk neutral or risk seeking, our approach leads to a higher value proposition for the base project compared to the standard ROA. This results from the increase of the return on the investment, which is shown in equation (4). However, if companies put efforts towards identifying and considering risks, they are aware of risk. Through this risk awareness and the consequent risk management such companies can be assumed to be risk averse. In this case, the consideration of the private risks within a risk-return integrated base project valuation will lower the return on the investment. In this case, the value of the base project can be lower than using the standard ROA, depending on the degree of risk aversion – which symbolizes the perception of the weight of private risks – and the specific utility function that the decision maker chooses in order to integrate risk and return.

Using the standard BSM, the bank based its investment decision on one deterministic value for the ENPV (cf. equation (a)) and thus neglected the existence of private risks. Based on this positive ENPV the bank decided to conduct the project.

But, according to our approach, the Bank should have considered private risks separately and carefully balanced their decision dependent on their risk attitude. As the bank also suffers from the subprime crisis, the company is currently risk averse. Therefore, a monetary valuation of the private risks regarding the degree of risk aversion would have been required. Based on such a risk valuation, the bank could have also rejected the base project, if the private risks had been assigned according to the degree of risk aversion with a monetary value greater than 0.26 million Euros. This would have led to the fact that the risk adjusted value of the base project is negative – although a higher return was realized compared to the result of the standard BSM.

Finally, we can state that the valuation of the intertemporal interdependencies with the BSM, as it is done today, can lead to false estimations and therefore to wrong investment decisions due to the neglect of the impacts of private risks on the risk-return position of the investment.

III.2.4 Conclusion

In this paper we propose an approach to consider intertemporal interdependencies within a value-based IT portfolio management. Therefore we analyzed current approaches of valuating intertemporal interdependencies among IT projects. Since intertemporal interdependencies are usually modelled as real options and valued with the BSM, which is adapted from financial options theory, we examined the applicability of the BSM to real options. Through this examination we revealed that the BSM is only able to consider market risks, but not to consider existing private risks of IT projects. Since private risks mostly preponderate in case of IT projects, we developed an approach based on the BSM that allows the consideration of private risks and thus provides a correct valuation of intertemporal interdependencies. The main findings in this paper are that today's real option approaches based on the BSM underestimate the risk as well as the return of IT projects systematically. Hence, the application of the standard BSM can lead to false investment decisions.

III.2.4.1 Limitations

But there are still limitations that come along with the introduced model.

E. g. the assumption of fixed cash in-flows of the follow-up project at time $t = T$ (A4) leads to a neglect of any risks that can occur during the follow-up project. As software is usually developed in sequent releases which contain intertemporal dependent projects and in order to provide a thorough assessment of all risks involved in the IT portfolio, the consideration of follow-up project risks would further increase the results of this approach.

Another limitation comes along with assumption (A2), where we assume, that the cash inflows of the follow-up project depend only on the implementation quality of the base project at time $t = T$. But there may exist different other aspects which influence the cash inflows of a follow-up project. These aspects cannot be considered within our approach.

Furthermore, we are not able to calculate a concrete risk adjusted value of the base project, since we do not model the risk attitude and the risk itself by a specific risk measure.

III.2.4.2 Further Research

In order to overcome these limitations further research is required. To cope with the last mentioned limitation, we want to extend this paper by developing and introducing a decision model. Therefore, private risks need to be quantified by an adequate risk measure in a first step. Since firms usually focus on downside risks, the lower partial moment (LPM) can serve as an adequate risk measure. Otherwise, if firms also want to take the upside chances of a base project into account, a symmetric risk measure like the standard deviation can be chosen. Once a risk measure is selected, a preference function will be introduced that accounts for the investor's risk preference. Founded preference functions for different risk measures can be found in decision theory literature.

Since firms not only conduct projects consecutively but also parallel at the same time, further research is needed to additionally consider intratemporal interdependencies among projects. The approach suggested by Santhanam and Kyparisis (1996) can serve as a fundament for this extension.

Further research is also needed regarding the consideration of multiple real options within an IT project and their impact on its risk and return. Smit and Trigeorgis (2006) already propose an approach to manage a portfolio of real options, on which our further analysis can be based. On the one hand, compound options, i. e. options on options, which occur if a follow-up project again serves as basis for another follow-up project, can be considered. On the other hand, the impacts of either deferral options or abandonment options on the risk-return position of IT projects deserve a more detailed analysis.

III.3 Beitrag 4: „Bewertung intertemporaler Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten – Anwendung eines realoptionsbasierten Ansatzes unter Berücksichtigung projektspezifischer Risiken“

Autoren:	Dennis Diepold, Christian Ullrich Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement, Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik, Informations- & Finanzmanagement (Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl) Universität Augsburg, D-86135 Augsburg dennis.diepold@wiwi.uni-augsburg.de christian.ullrich@wiwi.uni-augsburg.de Alexander Wehrmann Senacor Technologies AG Vordere Cramergasse 11, D-90478 Nürnberg alexander.wehrmann@senacor.com Steffen Zimmermann Universität Innsbruck Universitätsstraße 15, A-6020 Innsbruck steffen.zimmermann@uibk.ac.at
Erschienen 2011 in:	Zeitschrift für Betriebswirtschaft 81, 7, S. 805-831.

Zusammenfassung:

Viele Investitionen in IT-Projekte – insbesondere IT-Infrastrukturinvestitionen – lassen sich in Unternehmen nur dadurch ökonomisch rechtfertigen, dass sie notwendige Voraussetzung für die Durchführung ertragsversprechender Folgeprojekte sind. Solche intertemporalen Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten sind bei der Beurteilung von IT-Investitionen im Rahmen eines wertorientierten IT-Portfoliomanagements zu berücksichtigen. In der Literatur wird hierzu häufig auf die Realoptionstheorie und Optionsbewertungsmodelle aus der Finanztheorie wie bspw. das Binomialmodell oder das Black-Scholes-Modell verwiesen. Diese Modelle setzen die Existenz eines vollständigen Kapitalmarkts voraus. Da IT-Projekte jedoch

in der Realität häufig durch nicht am Kapitalmarkt duplizierbare, projektspezifische Risiken gekennzeichnet sind, ist die direkte Anwendbarkeit der Modelle problematisch. Vor diesem Hintergrund wurden in der Literatur bereits entscheidungstheoretische Erweiterungen des diskreten Binomialmodells entwickelt, die eine korrekte Berücksichtigung projektspezifischer Risiken ermöglichen. In diesem Beitrag werden diese entscheidungstheoretischen Erweiterungen auf das stetige Black-Scholes-Modell übertragen und erstmalig im Rahmen eines realen Fallbeispiels angewendet. Dabei werden mögliche Auswirkungen der Berücksichtigung projektspezifischer Risiken auf IT-Investitionsentscheidungen veranschaulicht.

III.3.1 Einleitung

Da sich die Erkenntnis durchgesetzt hat, dass Unternehmen mit einer effizienten IT-Governance deutlich höhere Gewinne erzielen als vergleichbare Unternehmen (Weill und Ross 2004, S. 2), sind aktuell in der Praxis verstärkt Bestrebungen zur Umsetzung von IT-Governance-Strukturen beobachtbar (IT Governance Institute 2008, S. 23). Dazu zählt insbesondere auch die Einführung von Ansätzen zur – im Sinne der Unternehmensziele – zielgerichteten Planung und Steuerung der IT (Strategic Alignment). Da in den meisten Unternehmen die Maximierung des Unternehmenswerts das oberste Unternehmensziel darstellt, sind dazu Ansätze erforderlich, mit deren Hilfe der Wertbeitrag der IT nach Ertrags- und Risiko-Gesichtspunkten ermittelt werden kann (Zimmermann 2008, S. 358). Dabei genügt es aber nicht, nur den Wertbeitrag einzelner IT-Projekte zu bestimmen. Es sind vielmehr Ansätze erforderlich, welche die Betrachtung mehrerer IT-Projekte im Portfolioverbund erlauben. Grund hierfür ist die in der Regel hohe Anzahl an IT-Projekten, die in größeren Unternehmen gleichzeitig oder aufeinander aufbauend durchgeführt werden und sich aufgrund von bestehenden Abhängigkeiten gegenseitig wertmäßig beeinflussen können.

Allerdings sind Stand heute nur etwa die Hälfte aller Unternehmen in der Lage, Ertrag und Risiko einzelner IT-Projekte zu bestimmen (IT Governance Institute 2008, S. 46), geschweige denn Abhängigkeiten im Rahmen eines wertorientierten IT-Portfoliomanagements (ITPM) zu berücksichtigen. Die Vernachlässigung solcher Abhängigkeiten bei der Bewertung von IT-Projekten kann jedoch zur falschen Selektion von IT-Projekten führen (Lee und Kim 2001) und ist nach einer Studie des amerikanischen IT-Management-Software-Herstellers CA eine der Hauptursachen für das Scheitern von IT-Projekten (CA Inc. 2007).

Abhängigkeiten spielen insbesondere bei der Bewertung und Selektion von IT-Infrastrukturinvestitionen, welche mit 31% den größten Anteil aller durchgeführten IT-Projekte darstellen (CIO Insight 2004), eine große Rolle. Solche Projekte sind in der Regel durch hohe Auszahlungen gekennzeichnet und generieren häufig keine oder nur geringe direkte Einzahlungen. Die isolierte Betrachtung und Bewertung eines IT-Infrastrukturprojekts führt deshalb fast zwangsläufig dazu, dass das Projekt als ökonomisch nicht sinnvoll eingestuft werden muss. Bedenkt man jedoch, dass vielfach IT-Infrastrukturinvestitionen (Basisprojekte) die Voraussetzung sind, um im Nachgang weitere ertragsversprechende IT-Investitionen (Folgeprojekte) durchzuführen, sind die Erträge der Folgeprojekte zumindest teilweise indirekt dem Basisprojekt zuzurechnen. Solche intertemporalen Abhängigkeiten⁶ werden vielfach als Realoptionen modelliert. Zur Bewertung derartiger Realoptionen werden in der Literatur häufig aus der Finanzoptionstheorie bekannte Optionsbewertungsmodelle wie das Binomialmodell (BM) oder das Black-Scholes-Modell (BSM) vorgeschlagen. Diese Modelle sind aber nur bei Existenz eines vollständigen Kapitalmarkts anwendbar. Da IT-Projekte meist wesentliche projektspezifische Risiken beinhalten, welche am Kapitalmarkt nicht duplizierbar sind und damit lediglich ein teilweise vollständiger Markt vorliegt, ist deren Anwendung zur Bewertung intertemporaler Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten problematisch. Diese Problematik wird in der Literatur bereits adressiert, und es werden entscheidungstheoretische Erweiterungen des BM zur Berücksichtigung projektspezifischer Risiken vorgeschlagen.

Um auch eine korrekte Anwendung des BSM bei Existenz eines teilweise vollständigen Markts zu ermöglichen, werden in diesem Beitrag die entscheidungstheoretischen Erweiterungen des diskreten BM auf das stetige BSM übertragen. Dabei wird gezeigt, dass die Anwendung des klassischen BSM (ohne die in diesem Beitrag erläuterte Erweiterung) eine systematische Unterbewertung sowohl des Ertrags als auch des Risikos von Basisprojekten – resultierend aus der unzureichenden Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos des Folgeprojekts – zur Folge hat. Da aufgrund der Unvollständigkeit des Kapitalmarkts keine risikoneutrale (präferenzfreie) Bewertung der Realoption mehr möglich ist, wird ferner ein allgemeines Vorgehen zur ertrags-/risikointegrierten und damit präferenzabhängigen Ermittlung des Realoptionswerts vorgeschlagen. Abschließend wird erstmalig im Rahmen eines realen Fallbeispiels illustriert, wie das BSM bei der Existenz eines teilweise vollständigen Markts zur

⁶ Intertemporale Abhängigkeiten sind Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt werden. Diese treten auf, wenn die Durchführung eines IT-Projekts die konzeptionelle oder technische Voraussetzung für mögliche Folgeprojekte schafft, oder aber wenn die Durchführung eines IT-Projekts den Abschluss anderer IT-Projekte voraussetzt.

Bestimmung eines eindeutigen, präferenzabhängigen Realloptionswerts angewendet werden kann. Dabei werden die Ergebnisse mit den Ergebnissen der Anwendung des klassischen BSM verglichen und es wird verdeutlicht, dass die korrekte Berücksichtigung projektspezifischer Risiken zu veränderten Investitionsentscheidungen führen kann.

Der Beitrag ist folgendermaßen aufgebaut: In Abschnitt 2 wird die relevante Literatur diskutiert, die Forschungslücke identifiziert und der Erkenntnisgewinn des Beitrags formuliert. Am Ende des Abschnitts wird zudem ein reales Fallbeispiel eines großen deutschen Finanzdienstleisters eingeführt. In Abschnitt 3 werden die entscheidungstheoretischen Erweiterungen des diskreten BM auf das BSM übertragen. In Abschnitt 4 wird die Anwendbarkeit des so erweiterten BSM sowie dessen praktischer Nutzen illustriert, indem der Ansatz basierend auf dem eingeführten Fallbeispiel angewendet wird. Abschließend werden die Ergebnisse in Abschnitt 5 zusammengefasst sowie weiterer Forschungsbedarf abgeleitet.

III.3.2 Literaturüberblick und Erkenntnisgewinn

Intertemporale Abhängigkeiten weisen zumeist den Charakter von Realoptionen auf, da ein Unternehmen nach Abschluss eines Basisprojekts das Recht, aber nicht die Pflicht hat, darauf aufbauende Folgeprojekte durchzuführen⁷. Da in der Finanztheorie etablierte Modelle zur Bewertung von Finanzoptionen existieren – wie z. B. das BSM oder das BM – liegt es nahe, diese auch zur Bewertung von Realoptionen zu nutzen.

Das BSM und das BM beruhen jedoch auf einer risikoneutralen (präferenzfreien) Bewertung der Option, wobei sämtliche Risiken durch die Bildung eines Duplikationsportfolios – bestehend aus dem Underlying und der Option – dupliziert und damit gehedgt werden. Dies setzt jedoch die Handelbarkeit des Underlyings voraus. Da Realinvestitionen (wie z. B. IT-Projekte) im Gegensatz zu Finanzinvestitionen (wie z. B. Aktien) in der Regel nicht gehandelt werden, kann zur Bewertung von Realoptionen häufig kein Duplikationsportfolio gebildet werden. Deshalb vertreten Kritiker des Realloptionsansatzes die Meinung, dass die genannten Modelle aus der Finanztheorie zur Bewertung von Realoptionen nicht geeignet seien (Emery et al. 1978, S. 368; Kruschwitz 2007, S. 462).

Sick (2001, S. 652) greift diese Argumentation auf und zeigt, dass das Duplikationsportfolio nicht zwingend aus Underlying und Option bestehen muss. Vielmehr kann ein Duplikationsportfolio auch aus einem mit dem Underlying perfekt korrelierten liquiden Asset

⁷ Zur Definition einer Realoption vgl. Trigeorgis (1996, S. 1) oder Copeland und Antikarov (2003, S. 5).

(„twin security“ (Taudes et al. 2000)) und einer Option auf dieses Asset gebildet werden, was den Handel des Underlyings zur Duplikation des Risikos nicht mehr voraussetzt. Somit lassen sich gemäß Sick (2001) Realoptionen auch für den Fall bewerten, dass sämtliche Risiken eines Underlyings durch liquide Assets am Kapitalmarkt dupliziert werden können. Die Implikation daraus ist jedoch die Existenz eines vollständigen Kapitalmarkts (Dangl und Kopel 2003, S. 55). In der Realoptionsliteratur findet man deshalb häufig Anwendungsbeispiele, für die eine vollständige Duplizierbarkeit der Risiken des Underlyings begründbar ist. So werden oft Optionen auf Investitionen in bspw. Rohstoffförderungsanlagen gewählt, deren Risiken über die Rohstoffmärkte leicht dupliziert werden können (vgl. Brennan und Schwartz 1985 oder Cortazar und Casassus 1998). Dies stellt aber einen Sonderfall dar und ist für die meisten Realinvestitionen nicht begründbar.

Viele Realinvestitionen wie z. B. IT-Projekte sind zwar zum Teil durch duplizierbare Risiken (Marktrisiken) gekennzeichnet, einen bedeutenden Teil des Gesamtrisikos machen aber häufig nicht duplizierbare Risiken (projektspezifische Risiken⁸) aus. Somit liegt ein unvollständiger Kapitalmarkt vor. In diesem Fall liegt es nahe ein „twin security“ zur Duplikation aller Risiken zu wählen, welches zwar nicht perfekt, aber möglichst stark mit dem Underlying der Realoption korreliert. Damit soll der sogenannte Hedgingfehler minimiert und zumindest näherungsweise der Realoptionswert bestimmt werden. Hubalek und Schachermayer (2001, S. 362) zeigen jedoch, dass dieses „naive Vorgehen“ nicht zwingend zu einer Minimierung des Hedgingfehlers – und somit einer bestmöglichen Lösung – führt. Smith und Nau (1995) sowie Dangl und Kopel (2003) zeigen vielmehr, dass sich bei der Existenz unvollständiger Kapitalmärkte die etablierten Optionsbewertungsmodelle bestenfalls zur Bestimmung einer Ober- und einer Untergrenze des Optionswerts eignen.

Somit lässt sich festhalten, dass bei IT-Projekten oder anderen Realinvestitionen weder mit dem klassischen BM noch mit dem klassischen BSM eine eindeutige Bestimmung des Realoptionswerts möglich ist (vgl. auch Smith und Nau 1995, S. 807; Copeland und Antikarov 2003, S. 270; Diepold et al. 2009, S. 1604). Es stellt sich daher die Frage, wie die klassischen Optionsbewertungsmodelle erweitert werden können, um eine fundierte Berücksichtigung

⁸ Zwar kann das projektspezifische Risiko im Rahmen eines geeigneten Risikomanagements vor und während der Durchführung des Projektes reduziert werden, jedoch ist eine vollständige Elimination i.d.R. nicht möglich (vgl. Henrich 2002, S. 379). In der Realoptionsliteratur wird dieses nicht duplizierbare Risiko auch als „private risks“ (Smith und Nau 1995), „technological uncertainty“ (Copeland und Antikarov 2003) oder „idiosyncratic risks“ (Taudes et al. 2000) bezeichnet.

projektspezifischer Risiken und dadurch die Ermittlung eines eindeutigen Realoptionswerts zu ermöglichen.

III.3.2.1 Theoretische Ansätze zur Berücksichtigung projektspezifischer Risiken in der Realoptionstheorie

Smith und Nau (1995, S. 806) adressieren diese Fragestellung, indem sie ein beliebiges risikobehaftetes Projekt betrachten, dessen Gesamtrisiko sich in Marktrisiken („market risks“) und projektspezifische Risiken („private risks“) unterteilen lässt. Somit unterstellen sie einen teilweise vollständigen Markt⁹. Ziel ihres Beitrags ist die Ermittlung des Werts einer Verzögerungsoption auf das betrachtete risikobehaftete Projekt. Dazu erweitern Sie das BM um ein entscheidungstheoretisches Kalkül, wodurch die projektspezifischen Risiken korrekt berücksichtigt werden können. Konkret bewerten sie die Marktrisiken mit einem einstufigen Binomialbaum, indem sie mit Hilfe eines Duplikationsportfolios risikoneutrale Wahrscheinlichkeiten zur Bewertung der Marktrisiken bestimmen. Der Binomialbaum wird durch einen Entscheidungsbaum erweitert, in welchem die projektspezifischen Risiken durch subjektive Wahrscheinlichkeiten bewertet werden. Für alle Knoten (mögliche Zustände des Underlyings) dieses integrierten Baums werden anhand des risikolosen Zinssatzes zunächst die Kapitalwerte des Projekts, und für alle Endknoten (mögliche Endzustände des Underlyings) die Optionswerte berechnet. Im Rahmen einer Rückwärtsinduktion werden zunächst unter Verwendung der subjektiven Wahrscheinlichkeiten des Entscheidungsbaums und einer exponentiellen Nutzenfunktion Sicherheitsäquivalente für die Endknoten des Binomialbaums berechnet. Anschließend werden diese Sicherheitsäquivalente mit den risikoneutralen Wahrscheinlichkeiten des Binomialbaums gewichtet, woraus sich schließlich der Wert der Verzögerungsoption ergibt.

Copeland und Antikarov (2003, S. 270ff.) beschreiben in Ihrem Buch nahezu dasselbe Vorgehen. Darüber hinaus stellen sie einen weiteren Ansatz zur Integration zweier beliebig voneinander abhängiger Risiken im BM vor („Quadrnomial Approach“). Da jedoch für beide Risiken eine Duplizierbarkeit am Kapitalmarkt unterstellt wird, eignet sich dieser Ansatz aus den bereits genannten Gründen nicht zur korrekten Abbildung projektspezifischer Risiken.

⁹ Luenberger (2002, S. 1622) definieren einen teilweise vollständigen Markt wie folgt: „A market is partially complete if it is complete with respect to all (measurable) functions of market payoffs, although there are other assets whose payoffs are not functions of market payoffs.“

Durch die in Smith und Nau (1995) und Copeland und Antikarov (2003) beschriebene Erweiterung des BM um ein entscheidungstheoretisches Kalkül existiert ein konkreter Ansatz, mit dem sowohl Marktrisiken als auch projektspezifische Risiken bei der Bewertung von Realoptionen korrekt berücksichtigt werden können. Allerdings kann im BM nur eine diskrete Anzahl von Umweltzuständen abgebildet werden. Smith und Nau (1995) betrachten bspw. lediglich vier mögliche Endzustände des betrachteten Projekts, die aus den Marktrisiken und projektspezifischen Risiken resultieren. Eine so stark vereinfachte Abbildung der Realität ist zwar zur Erläuterung des theoretischen Vorgehens sinnvoll, jedoch erscheint dieses Vorgehen zur Bewertung realer Investitionen eher ungeeignet. Wohl auch deswegen fand der Ansatz wenig Berücksichtigung in anwendungsorientierten Ansätzen zur Bewertung von IT-Projekten.

III.3.2.2 Anwendungsorientierte Ansätze zur Bewertung von IT-Projekten

Neben den theoretischen Ansätzen zur Bewertung von Realoptionen existiert eine Reihe von Arbeiten, die im Rahmen von Fallstudien erläutern, wie der Realoptionsansatz zur Bewertung von IT-Projekten angewendet werden kann. Da in der Realität eine Vielzahl von Umweltzuständen möglich ist, wird dabei im Gegensatz zu Smith und Nau (1995, S. 806) und Copeland und Antikarov (2003, S. 270) in der Regel auf das zeitstetige BSM zurückgegriffen (vgl. unter anderem Dos Santos 1991; Benaroch und Kauffman 1999; Taudes et al. 2000; Bardhan et al. 2004). Weitere Vorteile des BSM sind die analytische Lösbarkeit und die dadurch ermöglichte einfache Durchführung von Sensitivitätsanalysen (Benaroch und Kauffman 1999), aus denen häufig wichtige Implikationen für das Management im Hinblick auf die Parametrisierung der Modelle im Unternehmen abgeleitet werden können.

Dos Santos (1991) gilt als Pionier hinsichtlich der Anwendung von Optionsbewertungsmodellen auf IT-Investitionsentscheidungen. Er nutzt das ebenfalls aus der Finanzoptionstheorie bekannte Margrabe Model (Margrabe 1978), welches eine Erweiterung des BSM darstellt, zur Bewertung einer intertemporalen Abhängigkeit („software growth option“) zwischen einer Basisinvestition in SAP R/3 und einer darauf aufbauenden Investition in ein Folgeprojekt zum elektronischen Datenaustausch (EDI). Das Problem der nicht gegebenen Duplizierbarkeit projektspezifischer Risiken adressiert er aber nicht. Dasselbe gilt für Bardhan et al. (2004), die in ihrer Fallstudie ebenfalls das BSM zur Bewertung von intertemporalen Abhängigkeiten („project interdependencies“) zwischen 31 IT-Projekten aus dem IT-Portfolio eines US-amerikanischen Energieerzeugers verwenden.

In der Fallstudie von Benaroch und Kauffman (1999) wird keine intertemporale Abhängigkeit, sondern eine Verzögerungsoption auf ein elektronisches Zahlungssystem bewertet. Im Gegensatz zu den zuvor genannten Autoren thematisieren sie in ihrem Beitrag die Notwendigkeit eines gehandelten Underlyings. Obwohl sie in ihrem Beitrag eine Option auf ein IT-Projekt bewerten, welches nicht gehandelt wird, rechtfertigen sie die Anwendbarkeit des BSM damit, dass sie den Wert des Projekts bestimmen möchten, den es bei Handelbarkeit besitzen würde. Im Sinne eines wertorientierten IT-Portfoliomanagements erscheint dieses Argument sinnvoll. Dazu ist aber wie bereits zu Beginn dieses Abschnitts erläutert ein liquides Asset erforderlich, welches perfekt mit dem IT-Projekt korreliert.

Taudes et al. (2000), bewerten in Ihrer Fallstudie wiederum eine intertemporale Abhängigkeit („strategic growth option“) zwischen einer Basisinvestition in SAP/R3 und optionalen Folgeinvestitionen. Die Autoren gehen dabei auf den Aspekt ein, dass ein „twin security“ zur Bildung des Duplikationsportfolios aufgrund projektspezifischer Risiken („idiosyncratic risks“) bei IT-Projekten häufig nicht existiert. Sie abstrahieren daher von dieser – dem BSM zugrundeliegenden – Annahme mit dem Hinweis, dass die exakte Wertermittlung von IT-Projekten nur das sekundäre Ziel ihres Beitrags sei. Primäres Ziel sei vielmehr, das Denken in Optionen („option thinking“) bei der IT-Projektbewertung zu vermitteln. Gleichzeitig weisen die Autoren jedoch darauf hin, dass die Entwicklung eines Ansatzes, der die genannte Schwäche adressiert, eine interessante Forschungslücke darstellt.

III.3.2.3 Erkenntnisgewinn

Vor diesem Hintergrund ist dieser Beitrag den anwendungsorientierten Ansätzen zuzuordnen und adressiert die von Taudes et al. (2000) aufgezeigte Forschungslücke wie folgt:

Im ersten Schritt werden die entscheidungstheoretischen Erweiterungen des BM (vgl. Abschnitt 2.1) von Smith und Nau (1995) sowie von Copeland und Antikarov (2003) auf das stetige BSM übertragen. Damit werden die unter Abschnitt 2.2 beschriebenen, anwendungsorientierten Ansätze um ein entscheidungstheoretisches Kalkül zur Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos erweitert. Dabei wird gezeigt, dass die Anwendung des klassischen BSM zu einer systematischen Unterbewertung von Ertrag und Risiko eines Basisprojekts führt.

Im zweiten Schritt wird erstmalig im Rahmen eines realen Fallbeispiels illustriert, wie das BSM bei der Existenz eines teilweise vollständigen Markts zur Bestimmung eines eindeutigen, präferenzabhängigen Realoptionswerts angewendet werden kann. Dabei werden die Ergebnisse mit den Ergebnissen der Anwendung des klassischen BSM verglichen, und es wird verdeutlicht,

dass die korrekte Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos zu veränderten Investitionsentscheidungen führen kann.

III.3.2.4 Fallbeispiel

Zur Veranschaulichung der Problemstellung wird zunächst ein Fallbeispiel eingeführt, welches die Relevanz der aufgezeigten Forschungslücke für Unternehmen verdeutlicht. Dieses Praxisbeispiel ist dem IT-Portfolio einer großen deutschen Retailbank entnommen, die jährlich einen hohen zweistelligen Millionenbetrag in IT-Projekte investiert. Aus Gründen der Vertraulichkeit wurden die Daten proportional zu den Originaldaten verändert.

Eine Multikanal-Vertriebsbank erwägt den Automatisierungsgrad beim Vertrieb von Konsumentenkrediten weiter zu erhöhen und zukünftig das risikoadjustierte Pricing von Krediten zu ermöglichen. Insbesondere soll die Anzahl der nicht automatisiert bearbeitbaren Anträge, die eine manuelle und daher vergleichsweise teure Nacharbeit erfordern, deutlich reduziert werden. Zudem sollen neue Konsumentenkreditprodukte, wie bspw. Sofortkredite mit kleinen Volumina und sogenannte „Ballonfinanzierungen“ eingeführt werden, die erst am Ende der Laufzeit getilgt werden. Dazu müssen die bestehenden Kreditprozesse neu gestaltet werden, was eine erhebliche Anpassung der dazugehörigen IT-Landschaft erfordert.

Die aktuelle IT-Landschaft (vgl. abstrahierte Abbildung III-5 in Anhang A1) unterstützt alle Vertriebskanäle der Bank (insbesondere die absatzstarken Vertriebskanäle Filiale, Call-Center und Internet) über eine einheitliche Vertriebsmiddleware. Diese stellt zentral mehrere Hundert verschiedene Business Services zur Verfügung, auf welche die oben genannten Vertriebskanäle über Webfrontends zugreifen können (wie bspw. ein Service zur Bearbeitung von Geschäftspartnerdaten im bestandsführenden System (hier SAP Business Partner) oder zur Durchführung einer Haushaltsrechnung zur Bestimmung des frei verfügbaren Einkommens des Kreditnehmers). Die Vertriebsmiddleware bindet nicht nur die für den Vertrieb notwendigen Bestands- und Backendsysteme an. Auch externe Applikationen (bspw. Ratingagenturen wie Schufa und Infoscore) werden zentral angebunden und deren Funktionalität über Services für die Frontendsysteme exponiert. Dieses multikanalfähige Architekturkonzept soll auch zukünftig beibehalten und weiterentwickelt werden, da ein großes Wiederverwendungspotenzial in den mit anderen Geschäftsprozessen (unter anderem Giro-, Spar- und Kreditkartenprozesse) gemeinsam genutzten Business Services besteht.

Zur Umsetzung der aus den neu zu gestaltenden Kreditprozessen resultierenden IT-Anforderungen, sind dennoch Anpassungen und Erweiterungen in allen Ebenen der IT-Landschaft notwendig (Frontends, Middleware und Backend).

Da das aktuelle Kreditbestandssystem bei der Berechnung alternativer Kreditmodelle bisher kein risikoadjustiertes Pricing unterstützt, müssen wesentliche Komponenten der Kernbankapplikation ersetzt und auf die speziellen Bedürfnisse der Bank angepasst werden. So muss neben dem Zukauf eines Pricing-Moduls das Datenmodell erweitert werden, damit das zu Grunde liegende Preismodell persistiert werden kann (gemäß gesetzlicher Vorgaben). Zudem müssen weitere Systeme angebunden werden, um Pricing-relevante Informationen (wie bspw. die Anzahl deckungsloser Lastschriften bei Bestandskunden) zur Verfügung zu stellen. Die dafür notwendigen barwertigen Investitionsauszahlungen (Kauf eines Pricing-Moduls und Customizing) werden mit insgesamt 2 Mio. EUR veranschlagt.

Die Vertriebsmiddleware stellt bereits viele der notwendigen Business Services (wie die Anlage, Suche und Änderung von Geschäftspartnerdaten oder die externe Bewertung über Schufa und Infoscore) zur Verfügung, so dass im Wesentlichen nur die Kreditprozess-spezifischen Business Services (zum Beispiel Kreditmodellberechnung, interne Geschäftspartnerbewertung und Haushaltsrechnung) anzupassen beziehungsweise neu zu entwickeln sind. Gleiches gilt für die Frontends der Vertriebskanäle. Hier sind insbesondere die kanalspezifischen Masken neu zu erstellen, die den Vertriebsprozess für Konsumentenkredite unterstützen und die Services orchestrieren. Insgesamt werden für die notwendigen Anpassungen in der Vertriebsmiddleware und in den Frontends barwertige Auszahlungen in Höhe von 2,5 Mio. EUR veranschlagt.

Das gleichzeitige Ändern der IT-Architektur über alle Ebenen (Frontend, Middleware und Backend) ist bei kleinen Änderungen durchaus üblich (bspw. die Anpassung auf Basis gesetzlicher Vorgaben). Bei größeren Änderungen wie der hier beschriebenen, werden jedoch zunächst nur die Backendsysteme angepasst. Damit wird sichergestellt, dass die Nachbearbeitung von Kreditverträgen, die direkt auf den bestandsführenden Systemen erfolgt, zum Zeitpunkt der Produkteinführung etabliert und stabil ist. Zudem kann die Middleware auf stabilen Schnittstellen aufsetzen. Dies vereinfacht die Spezifikationsarbeit, die Abstimmung während der Entwicklungsphase und insbesondere auch die Testphase. Die Umsetzung des Gesamtvorhabens wird daher in zwei Stufen geplant:

In der ersten Stufe ($t = 0$) wird das neue Kreditbestandssystem in die Systemlandschaft integriert und an die speziellen Bedürfnisse der Bank angepasst, und die bestehenden Kreditverträge werden migriert (Basisprojekt). Hierfür wird von Beginn der Entwicklungstätigkeit bis zur Bereitstellung (Ende Migration) ein Zeitraum von einem Jahr veranschlagt. Da der Markt für Konsumentenkredite bereits weitgehend aufgeteilt ist und bekannt ist, dass andere Banken vergleichbare Angebote planen ist eine möglichst kurze „time-to-market“ erforderlich. Die Jahresfrist stellt somit für die Bank einen zwingend einzuhaltenden Meilenstein dar.

Nach einem Jahr ($t = 1$) soll – basierend auf der bis dahin realisierten Umsetzungsqualität des Basisprojekts – mit der zweiten Stufe begonnen werden, wobei die Vertriebssysteme (Frontends und Middleware) an die Umsysteme und an die bis dahin fertig gestellten Bestandssysteme angebunden werden (Folgeprojekt). Die barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts hängen dabei wesentlich von der realisierten Umsetzungsqualität des Basisprojekts in $t = 1$ ab: Sollte es der Bank binnen einen Jahres nicht gelingen, alle Backendfunktionalitäten, die von den Vertriebsfrontends benötigt werden, durch das Bestandssystem bereitzustellen, so kann das Folgeprojekt nicht wie geplant durchgeführt werden. Dies führt in $t = 1$ zu erheblich geringeren barwertigen Einzahlungen im Vergleich zu den in $t = 0$ erwarteten barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts.

Für das optionale Folgeprojekt wird ein Entwicklungszeitraum von 6 Monaten veranschlagt. Im Falle der Durchführung des Folgeprojekts sollen mit dessen Entwicklungsbeginn ($t = 1$) gleichzeitig die Marketingaktivitäten für die neuen Produkte gestartet werden. Neben einer Mailingaktion an selektierte Bestandskunden (Potenzialkunden) soll insbesondere auch eine breit angelegte Marketingkampagne in Rundfunk- und Printmedien gestartet werden. Insgesamt werden für die Marketingaktivitäten weitere 1,5 Mio. EUR veranschlagt. Weitere Auszahlungen sind nicht entscheidungsrelevant. Abbildung III–2 illustriert die anfallenden barwertigen Auszahlungen von Basis- und Folgeprojekt im zeitlichen Zusammenhang:

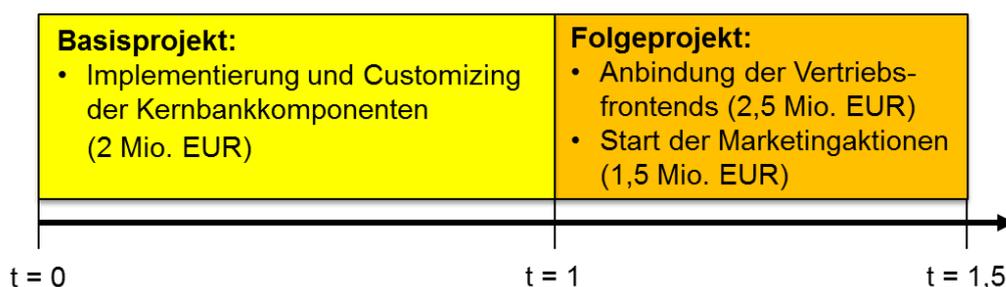


Abb. III–2: Zeitlicher Zusammenhang zwischen Basis- und Folgeprojekt

Die Bank steht nun im Zeitpunkt $t = 0$ vor der Entscheidung, ob sie das Basisprojekt durchführen soll oder nicht. Da ohne Anbindung der Vertriebssysteme kein Verkauf der neuen Kreditprodukte möglich ist, generiert das Basisprojekt isoliert betrachtet im Wesentlichen keine Einzahlungen (abgesehen von marginalen Prozessverbesserungen bei der Bestandsführung) und hat deshalb zunächst einen negativen Kapitalwert in Höhe von -2 Mio. EUR. Erst durch die Realoption auf die Durchführung des Folgeprojekts (intertemporale Abhängigkeit) zum Zeitpunkt $t = 1$ **kann** ein positiver Wertbeitrag für das Basisprojekt entstehen. Zur konkreten Bestimmung dieses Wertbeitrags, auf dessen Basis eine Entscheidung über die Durchführung des Basisprojekts getroffen werden kann, soll daher ein realoptionsbasierter Ansatz angewendet werden.

III.3.3 Bewertung intertemporaler Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten unter Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos

Ein Unternehmen steht vor der Entscheidung, ob es im Zeitpunkt $t = 0$ ein Basisprojekt mit einer Laufzeit von T Perioden durchführen soll, welches die technische Voraussetzung zur Durchführung eines Folgeprojekts schafft. Das Unternehmen hat im Falle einer Durchführung des Basisprojekts zum Zeitpunkt $t = T$ das Recht, aber nicht die Pflicht, dieses Folgeprojekt durchzuführen. Dieses Wahlrecht kann im Sinne eines wertorientierten ITPM als intertemporale Abhängigkeit bezeichnet und als Realoption (Wachstumsoption) auf das Folgeprojekt modelliert werden.

In diesem Beitrag steht die korrekte ex-ante Bewertung dieser Wachstumsoption zum Zeitpunkt $t = 0$ im Fokus der Betrachtung. Dabei gilt es nicht nur das den Optionswert beeinflussende Marktrisiko (vgl. klassisches BSM) sondern auch das projektspezifische Risiko des Folgeprojekts korrekt zu berücksichtigen. Von weiteren Risiken, die keinen direkten Einfluss auf den Optionswert haben und nur zu einer unnötigen Komplexität führen würden, wird im Folgenden – wie in der Realoptionstheorie üblich (vgl. bspw. Copeland und Antikarov 2003) – abstrahiert.

III.3.3.1 Annahmen

Sowohl die Zahlungsströme des Basisprojekts als auch die Zahlungsströme des Folgeprojekts sind in der Realität häufig risikobehaftet. Um die Auswirkungen des genannten projektspezifischen Risikos des Folgeprojekts auf den Wert der Wachstumsoption unabhängig

vom Risiko des Basisprojekts betrachten zu können, wird von letzterem – wie in der Realoptionstheorie üblich – durch folgende vereinfachende Annahme abstrahiert:

A1: Die barwertigen Ein- und Auszahlungen des Basisprojekts – und damit dessen isolierter Kapitalwert (*NPV*) (ohne Berücksichtigung der Wachstumsoption) – sind zum Zeitpunkt $t = 0$ bekannt und sicher.

Zur korrekten ex-ante Bewertung der Wachstumsoption ist sowohl das Marktrisiko als auch das projektspezifische Risiko hinsichtlich der barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts (Underlying der Wachstumsoption), die aus Zufallsereignissen während der Laufzeit des Basisprojekts (Optionslaufzeit) resultieren, korrekt und vollständig zu berücksichtigen. Da sowohl das Marktrisiko als auch das projektspezifische Risiko in der Regel aus voneinander unabhängigen Zufallsereignissen resultieren, können beide Risiken unabhängig voneinander betrachtet werden.

Marktrisiko des Folgeprojekts während der Laufzeit des Basisprojekts: Dieses Risiko resultiert aus Zufallsereignissen wie bspw. Nachfrageänderungen oder Leitzinsänderungen während der Laufzeit des Basisprojekts und lässt sich – wie bereits erwähnt – am Kapitalmarkt duplizieren¹⁰. Das aus solchen Zufallsereignissen resultierende Marktrisiko des Folgeprojekts kann durch einen stochastischen Prozess (geometrische brown'sche Bewegung) über die Optionslaufzeit abgebildet werden¹¹ und wird im BSM durch die Volatilität σ repräsentiert.

Projektspezifisches Risiko des Folgeprojekts während der Laufzeit des Basisprojekts: Dieses Risiko resultiert unter anderem aus projektspezifischen Zufallsereignissen während der Laufzeit des Basisprojekts, welche zu einer unsicheren Umsetzungsqualität des Basisprojekts führen können. Da die barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts direkt von der Umsetzungsqualität des Basisprojekts abhängen, führen diese Zufallsereignisse indirekt zu dem projektspezifischen Risiko des Folgeprojekts. Typische Beispiele für solche Zufallsereignisse sind:

¹⁰ Zur Duplikation des Marktrisikos des Folgeprojekts ist ein „twin security“ (Portfolio an liquiden Assets) am Kapitalmarkt zu identifizieren, für das gilt, dass identische Marktrisiko-erzeugende Zufallsereignisse zu den gleichen Abweichungen von dessen Erwartungswert wie von den erwarteten Einzahlungen des Folgeprojekts führen.

¹¹ Eine Reihe an Veröffentlichungen und empirischen Studien (e.g. Bethuyne 2002, Mahajan et al. 1993, Pfeiffer 1992) zeigt, dass eine geometrische brown'sche Bewegung die Wertentwicklung zukünftiger Projekte, welche typischerweise auf neuen Software Technologien basierende Applikationen beinhalten, gut beschreibt (Taudes et al. 2000).

- **Unklarheiten oder Änderungen der Anforderungsbasis:** Zu Beginn des Basisprojekts ist nicht absehbar, ob die fachlichen Spezifikationen des Basisprojekts die Anforderungen hinreichend genau, vollständig und widerspruchsfrei beschreiben. Gleichzeitig können zusätzliche Anforderungen während der Laufzeit des Basisprojekts entstehen. Unzureichend spezifizierte und letztlich unzureichend umgesetzte Funktionalitäten können die darauf aufbauenden Folgeprojekte limitieren oder verhindern.
- **Probleme beim Austausch zentraler Legacysysteme:** Werden im Rahmen des Basisprojekts (schlecht oder nicht dokumentierte) Legacysysteme oder -funktionen ersetzt, können nicht vorhersehbare Seiteneffekte auftreten, die den Funktionsumfang des Basisprojekts einschränken und damit auch Folgeprojekte beeinflussen.
- **Fehler bei der Implementierung:** Unabhängig von den ersten beiden Punkten können Umsetzungsfehler während der Implementierung des Basisprojekts entstehen. Ist die Menge an kritischen Fehlern zu groß, kann auch dadurch gegebenenfalls der Funktionsumfang des Basisprojekts nur eingeschränkt genutzt werden und damit ein Folgeprojekt negativ beeinträchtigt werden.

Das daraus resultierende, projektspezifische Risiko des Folgeprojekts ist wie bereits erwähnt häufig am Kapitalmarkt nicht duplizierbar¹². Dies hat zur Folge, dass zum Zeitpunkt $t = 0$ kein eindeutiger Wert für die barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts am Kapitalmarkt bestimmt werden kann. Um das projektspezifische Risiko abzubilden wird folgende Annahme getroffen:

A2: Die barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts zum Zeitpunkt $t = 0$ werden durch die nichtnegative Zufallsvariable \tilde{S}_0 repräsentiert, deren Dichtefunktion $f(s)$ bekannt ist.

Die Dichtefunktion $f(s)$ repräsentiert somit das projektspezifische Risiko des Folgeprojekts, das aus Zufallsereignissen *während der Laufzeit des Basisprojekts* resultiert.

Darüber hinaus existieren in der Realität natürlich auch Risiken (Marktrisiko und projektspezifisches Risiko) des Folgeprojekts, die aus Zufallsereignissen *während der Laufzeit*

¹² Für den Fall, dass Teile des genannten projektspezifischen Risikos am Kapitalmarkt dupliziert werden können, sind diese wie das Marktrisiko zu behandeln. Unter dem projektspezifischen Risiko werden solche Risiken verstanden, die **nicht** am Kapitalmarkt dupliziert werden können.

des Folgeprojekts resultieren. Da diese Risiken jedoch erst nach der Ausübung der Option realisiert werden, wird davon wie folgt abstrahiert:

A3: Die barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts sind zum Zeitpunkt $t = T$ bekannt und sicher.

Diese Annahme wird auch in der klassischen Realloptionstheorie getroffen, um die zur Anwendung des BSM notwendige Einhaltung der sog. „boundary conditions“ (Hull 2006, S. 292) sicherzustellen¹³.

Mit den bis hierher getroffenen Annahmen hinsichtlich der Risiken des Folgeprojekts wird sichergestellt, dass sowohl das Marktrisiko als auch das projektspezifische Risiko des Folgeprojekts zum Zeitpunkt $t = T$ aufgelöst sind. Die bis dato diskutierten Risiken des Folgeprojekts, deren zeitliche Entstehung sowie deren Berücksichtigung in diesem Beitrag sind in Abbildung III–3 nochmals zusammengefasst.

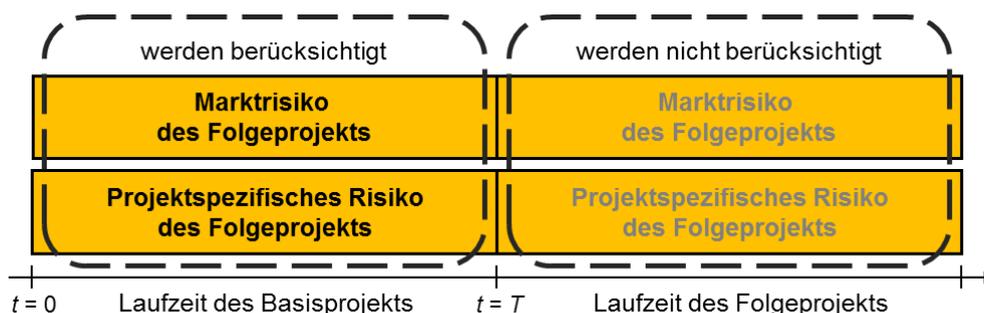


Abb. III–3: Risiken des Folgeprojekts und deren zeitliche Entstehung

Bisher wurden lediglich die barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts und die damit einhergehenden Risiken betrachtet. Für die barwertigen Auszahlungen des Folgeprojektes wird – konform zu den Annahmen der klassischen Realloptionstheorie – folgende Annahme getroffen¹⁴:

¹³ Da in der Realität nach Abschluss des Basisprojekts allerdings die Zahlungsströme des Folgeprojekts häufig weder bekannt noch sicher sind, können auch die Sicherheitsäquivalente der unsicheren barwertigen Einzahlungen in $t = T$ bestimmt und zur Bewertung der Wachstumsoption mittels der „boundary conditions“ verwendet werden. Zur Bestimmung von Sicherheitsäquivalenten für unsichere Zahlungsströme von IT-Projekten im Rahmen eines wertorientierten ITPM sei bspw. auf Wehrmann und Zimmermann (2005) verwiesen.

¹⁴ In einem ersten Modellierungsversuch wurden zur Repräsentation des projektspezifischen Risikos nicht nur die barwertigen Einzahlungen in $t = 0$ sondern die barwertigen Einzahlungsüberschüsse (Kapitalwert) des Folgeprojekts in $t = 0$ als Zufallsvariable angenommen und somit als Underlying modelliert. Da der Kapitalwert als Zufallsvariable aber auch negative Realisationen annehmen kann und das BSM nur für positive Werte des Underlyings definiert ist, wurde Annahme A2 in Kombination mit A4 gewählt.

A4: Die barwertigen Auszahlungen des Folgeprojekts X_0 sind zum Zeitpunkt $t = 0$ bekannt und sicher¹⁵.

Das vorgestellte Annahmengerüst ist somit konsistent zu den Annahmen der klassischen Realoptionstheorie (vgl. bspw. Copeland und Antikarov 2003) und wurde um die Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos des Folgeprojekts, das aus Zufallsereignissen während der Laufzeit des Basisprojekts resultiert, erweitert (vgl. Annahme A2). Im Folgenden werden deren Auswirkungen auf Ertrag und Risiko der Wachstumsoption – und damit des Basisprojekts – dargestellt sowie die Ergebnisse mit den Ergebnissen bei Anwendung des klassischen BSM verglichen¹⁶. Anschließend wird ein allgemeines Vorgehen zur Integration von Ertrag und Risiko und damit zur präferenzabhängigen Ermittlung des Wertbeitrags der Wachstumsoption und somit des Wertbeitrags des Basisprojekts erläutert.

III.3.3.2 Auswirkungen des projektspezifischen Risikos auf Ertrag und Risiko der Wachstumsoption und des Basisprojekts

Der Wert des Basisprojekts entspricht bei Anwendung des klassischen Realoptionsansatzes dem „Erweiterten Kapitalwert“ ($ENPV$), welcher sich aus dem isolierten Kapitalwert (NPV) und dem Optionswert (C_0) zusammensetzt (vgl. Trigeorgis 1996, S. 152). Da die barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts nicht am Markt beobachtbar sind, wird bei der Ermittlung des Optionswerts mit dem klassischen BSM der Erwartungswert der barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts ($E(\tilde{S}_0)$) als Wert des Underlyings herangezogen und zum Zeitpunkt $t = 0$ als bekannt und sicher angenommen. Gemäß der Black-Scholes-Funktion¹⁷ $c(s)$ entspricht der

¹⁵ Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten der barwertigen Auszahlungen bei der Bewertung intertemporaler Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten überträgt Dos Santos (1991) das Margrabe-Modell (Margrabe 1978) aus der Finanzoptionstheorie auf die Bewertung von Realoptionen.

¹⁶ Für eine Zusammenfassung der verwendeten Notation, siehe Tabelle III–14 in Anhang A2.

¹⁷ Die Black-Scholes-Funktion zur Bewertung von Call-Optionen $c(s)$ ist wie folgt definiert (Black und Scholes 1973):

$$c(s) = SN(d_1) - Xe^{rT}N(d_2)$$

$$\text{mit } d_1 = \frac{\ln \frac{S}{X} + (r + 0,5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad \text{und } d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

wobei r = risikoloser Zins; $N(\cdot)$ = Wert der Standardnormalverteilung an der Stelle (\cdot) .

Optionswert (C_0) nach der in diesem Beitrag verwendeten Notation $c[E(\tilde{S}_0)]$. Der Wert des Basisprojekts bei Anwendung des klassischen Realloptionsansatzes ist damit definiert als

$$(1) \quad ENPV = NPV + C_0 = NPV + c[E(\tilde{S}_0)].$$

Da das BSM auf einer risikoneutralen (präferenzfreien) Bewertung beruht, kann gemäß dieser Vorgehensweise ein sicherer Optionswert und somit ein sicherer Wert des Basisprojekts bestimmt werden.

Da in die Black-Scholes-Funktion $c(s)$ jedoch nur das Marktrisiko durch die Standardabweichung einfließt, ist zur Ermittlung des Optionswerts unter Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos für jede mögliche Ausprägung s_i von \tilde{S}_0 mittels $c(s)$ der zugehörige Optionswert $c(s_i)$ zu bestimmen. Somit ergibt sich der Optionswert ebenfalls als Zufallsvariable ($\tilde{C}_0 = c(\tilde{S}_0)$), deren Dichtefunktion $g(c)$ die Auswirkung des projektspezifischen Risikos des Underlyings (barwertige Einzahlungen des Folgeprojekts) auf den Optionswert abbildet. Da jede mögliche Ausprägung $c(s_i)$ des Optionswerts die gleiche kumulierte Wahrscheinlichkeit wie der zugehörige Wert s_i des Underlyings (vgl. Gleichung (2)) besitzt, kann die zugehörige Dichtefunktion $g(c)$ approximiert werden.

$$(2) \quad \int_0^{c(s_i)} g(c)dc = \int_0^{s_i} f(s)ds \quad \text{für alle } s_i > 0$$

Addiert man nun die Zufallsvariable \tilde{C}_0 zum isolierten Kapitalwert des Basisprojekts (NPV), so erhält man gemäß Gleichung (3) für den Wert des Basisprojekts ebenfalls eine Zufallsvariable ($E\tilde{NPV}$):

$$(3) \quad E\tilde{NPV} = NPV + \tilde{C}_0 = NPV + c(\tilde{S}_0)$$

Aus dieser Vorgehensweise resultieren im Gegensatz zur Anwendung des klassischen Realloptionsansatzes ein unsicherer Optionswert und damit auch ein unsicherer Wert des Basisprojekts. Wie sich dies auf den Ertrag (Erwartungswert der Zufallsvariable) und das Risiko (Abweichungen der Zufallsvariable von einem Zielwert) auswirkt wird im Folgenden erläutert.

Der Ertrag des Basisprojekts $E(E\tilde{NPV})$ ergibt sich gemäß Gleichung (4) aus dem isolierten Kapitalwert des Basisprojekts (NPV) und dem Ertrag der Option ($E(\tilde{C}_0)$).

$$(4) \quad E(E\tilde{NPV}) = NPV + E(\tilde{C}_0) = NPV + E[c(\tilde{S}_0)]$$

Um auf dieser Basis eine Aussage hinsichtlich der Veränderung des Ertrags im Vergleich zur Anwendung des klassischen Realoptionsansatzes treffen zu können, ist eine genauere Betrachtung der Black-Scholes-Funktion notwendig. Die Black-Scholes-Funktion ist bei Vorliegen von Wachstumsoptionen, welche den Charakter von Call-Optionen besitzen, eine streng monoton steigende ($c'(s) > 0$) und streng konvexe ($c''(s) > 0$) Funktion. Damit gilt die Jensen'sche Ungleichung, welche wie in Gleichung (5) dargestellt definiert ist.

$$(5) \quad E(c(\tilde{S}_0)) \geq c[E(\tilde{S}_0)], \text{ falls } c(s) \text{ konvex (vgl. Bamberg et al. 2007, S. 121)}$$

Da die Black-Scholes-Funktion streng konvex ist, gilt für den hier betrachteten Fall: $E(\tilde{C}_0) > c[E(\tilde{S}_0)]$. Daraus folgt unmittelbar:

$$(6) \quad E(E\tilde{NPV}) = NPV + E[c(\tilde{S}_0)] > NPV + c[E(\tilde{S}_0)] = ENPV$$

Somit kann folgendes erstes Ergebnis festgehalten werden:

(E1) Bei Anwendung des klassischen BSM zur Bewertung von intertemporalen Abhängigkeiten (vgl. Gleichung (1)) wird der Ertrag der Wachstumsoption und somit des Basisprojekts systematisch unterbewertet.

Die Unterschiede hinsichtlich des Optionswerts werden in Abbildung III-4 veranschaulicht. Dort ist die Dichtefunktion des Underlyings $f(s)$, welche das projektspezifische Risiko des Folgeprojekts repräsentiert, die Dichtefunktion der Wachstumsoption $g(c)$, sowie deren Zusammenhang durch die streng monoton steigende und streng konvexe Black-Scholes-Funktion $c(s)$ grafisch dargestellt.

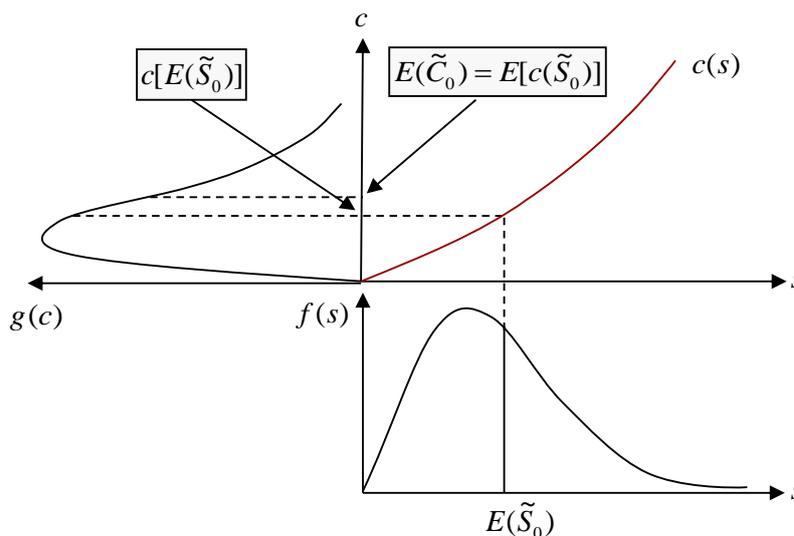


Abb. III-4: Auswirkungen des projektspezifischen Risikos auf den Optionswert

Abbildung III-4 veranschaulicht außerdem die Auswirkungen der Jensen'schen Ungleichung: Aufgrund der Konvexität von $c(s)$ wird die Dichtefunktion des Underlyings $f(s)$ für kleine s_i stärker gestaucht als für große s_i , womit $g(c)$ eine größere Schiefe¹⁸ aufweist als $f(s)$. Da die kumulierte Wahrscheinlichkeit für $s_i = E(\tilde{S}_0)$ gemäß Gleichung (2) gleich hoch ist wie für $c(s_i) = c[E(\tilde{S}_0)]$, muss für $E(\tilde{C}_0)$ gelten: $E(\tilde{C}_0) > c[E(\tilde{S}_0)]$.

Da die Anwendung des klassischen Realoptionsansatzes zu einem sicheren Optionswert und damit zu einem sicheren Wert des Basisprojekts (*ENPV*) führt, ist folglich keine separate Risikobetrachtung erforderlich. Der hier vorgestellte Ansatz dagegen ermöglicht die Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos, das nicht durch das Duplikationsportfolio am Kapitalmarkt gehedgt werden kann. Dieses Risiko muss zusätzlich zum Ertrag zur Ermittlung des Wertbeitrags der Option und damit des Wertbeitrags des Basisprojekts berücksichtigt werden. Dies führt zu einem zweiten Ergebnis:

(E2) Bei Anwendung des klassischen BSM zur Bewertung von intertemporalen Abhängigkeiten (vgl. Gleichung (1)) wird das projektspezifische Risiko vernachlässigt

¹⁸ Die Schiefe $v(X)$ einer Zufallsvariablen X ist folgendermaßen definiert (vgl. Vogel 1997, S. 122):

$$v(X) = \frac{E((X-E(X))^3)}{VAR(X)^{\frac{3}{2}}} \quad v(X) = \frac{E((X - E(X))^3)}{VAR(X)^{\frac{3}{2}}}$$

und somit das Risiko der Wachstumsoption und des Basisprojekts systematisch unterbewertet.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sowohl der Ertrag als auch das Risiko durch die Anwendung des klassischen BSM systematisch unterbewertet werden.

III.3.3.3 Präferenzabhängige Ermittlung des Wertbeitrags der Option und des Basisprojekts

Wie bereits erwähnt, ist ohne Existenz eines vollständigen Kapitalmarkts keine risikoneutrale Bewertung einer Realoption möglich. Vielmehr gilt es neben dem Ertrag auch das mit der Realoption verbundene, nicht duplizierbare, projektspezifische Risiko – gemäß der Risikopräferenz des Entscheiders – zu berücksichtigen (Hubalek und Schachermayer 2000, S. 362). Dazu ist eine Präferenzfunktion¹⁹ notwendig. Da ein Entscheider in der Regel versucht, seinen erwarteten Nutzen zu maximieren, ist eine Präferenzfunktion zu wählen, die mit dem Bernoulli-Prinzip²⁰ kompatibel ist. „Aufgrund seiner theoretischen Fundierung wird das Bernoulli-Prinzip in der Literatur als das rationale Entscheidungsprinzip für Risikosituationen angesehen und insbesondere wegen seiner Flexibilität und seiner im Prinzip universellen Anwendbarkeit [...] bevorzugt“ (Bamberg und Coenenberg 2006, S. 117). Wird eine Präferenzfunktion gewählt, die nicht mit dem Bernoulli-Prinzip kompatibel ist, so kann nicht sichergestellt werden, dass die getroffenen Entscheidungen entscheidungstheoretisch fundiert und im Sinne einer Nutzenmaximierung rational sind, d. h. es kann zur Auswahl nicht rationaler Entscheidungen kommen (vgl. zur ausführlichen Diskussion des Bernoulli-Prinzips auch anhand der bisherigen Literatur bspw. Bamberg und Coenenberg 2006, S. 81ff.). Da im Rahmen eines wertorientierten ITPM der konkrete Wertbeitrag der intertemporalen Abhängigkeit ermittelt werden soll, ist es darüber hinaus erforderlich, dass das Ergebnis der gewählten Präferenzfunktion eine direkt interpretierbare monetäre Größe darstellt, die den Nutzen eines Sicherheitsäquivalents für den unsicheren Optionswert \tilde{C}_0 repräsentiert. Die Wahl einer solchen Präferenzfunktion²¹ hängt aber insbesondere vom gewählten Risikomaß, von der

¹⁹ Unterschiedliche Präferenzfunktionen werden bspw. in Elton et al. (2007) diskutiert.

²⁰ Gemäß dem Bernoulli-Prinzip gilt für die Präferenzfunktion $\varphi(s) = E(u(s))$ $\varphi(s) = E(u(s))$, mit einer Nutzenfunktion $u(s)$, die jeder möglichen Realisierung der Zufallsvariable S einen eindeutigen Nutzenwert zuweist (Neumann/Morgenstern 1944; Bernoulli 1954). Ist der Entscheider risikoavers (risikoaffin), so ist die Nutzenfunktion konkav (konvex).

²¹ Details zur Wahl einer Präferenzfunktion und deren Kompatibilität mit dem Bernoulli-Prinzip können bspw. in Schneeweiß (1967), Eisenführ und Weber (1999) oder Bamberg und Coenenberg (2006) nachgelesen werden.

Risikoeinstellung des Entscheiders und von den Verteilungseigenschaften des Optionswerts ab. Deshalb wird im Folgenden zunächst kurz erläutert, wie diese Aspekte bei der Wahl einer geeigneten Präferenzfunktion zu berücksichtigen sind:

- **Risikomaß**

Da das Ergebnis der Präferenzfunktion (Wertbeitrag) eine monetäre Größe darstellen soll, ist neben dem Ertrag $E(\tilde{C}_0)$ auch das Risiko als monetäre Größe zu quantifizieren und ein entsprechendes Risikomaß zu wählen. Dabei spielt das Risikoverständnis des Entscheiders eine entscheidende Rolle. Versteht der Entscheider Risiko sowohl als Gefahr als auch als Chance, so sollte ein Volatilitäts-Risikomaß wie bspw. die Varianz gewählt werden, welches sowohl die negativen als auch die positiven Abweichungen vom erwarteten Optionswert repräsentiert. Versteht der Entscheider hingegen Risiko nur als Gefahr und somit ausschließlich als negative Abweichung vom Erwartungswert, so empfehlen sich Shortfall-Risikomaße wie bspw. Lower Partial Moments (*LPM*) zur Risikoquantifizierung. Abhängig von dem entsprechend des Risikoverständnisses gewählten Risikomaß ist eine geeignete Präferenzfunktion zu wählen.

- **Risikoeinstellung des Entscheiders**

Neben dem Risikoverständnis und der damit einhergehenden Quantifizierung des Risikos muss sich der Entscheider auch seiner generellen Einstellung gegenüber Risiko bewusst werden. Konkret ist zunächst zu bestimmen, ob der Entscheider risikoavers, risikoneutral oder risikoaffin ist. Dazu genügt es, dem Entscheider zwei hypothetische Projektalternativen vorzulegen, wobei Projekt 1 einen sicheren und Projekt 2 einen unsicheren Wert hat. Gleichzeitig entspricht der sichere Wert von Projekt 1 dem erwarteten Wert von Projekt 2. Ist der Entscheider risikoavers, so wählt er Projekt 1. Ist er risikoaffin, so wählt er dagegen Projekt 2. Sonst ist er risikoneutral und indifferent zwischen den Projektalternativen. Abhängig von der so definierten Risikoeinstellung des Entscheiders ist eine geeignete Präferenzfunktion zu wählen.

- **Verteilungseigenschaften des Optionswerts**

Darüber hinaus ist zu beachten, dass einige Präferenzfunktionen nur für Zufallsvariablen (hier: Optionswert) mit bestimmten Verteilungseigenschaften zulässig sind. Da in der Regel und im hier betrachteten Fall über die Verteilungseigenschaft des Optionswerts keine eindeutige Aussage getroffen werden kann, kommen zur präferenzabhängigen Bewertung der Option lediglich verteilungsunabhängige Präferenzfunktionen in Frage.

Weit verbreitete und viel diskutierte Präferenzfunktionen zur Integration von Ertrag und Risiko sind die (μ, σ) -Regeln. Diese sind jedoch nicht alle mit dem Bernoulli-Prinzip kompatibel. Da die Standardabweichung σ als Risikomaß sowohl die negativen als auch die positiven Abweichungen vom Erwartungswert μ repräsentiert, eignen sich (μ, σ) -Regeln darüber hinaus lediglich für Entscheider mit einem entsprechenden Risikoverständnis. Eine häufig verwendete (μ, σ) -Regel ist bspw. $\Phi = \mu - \frac{\alpha}{2} \sigma^2$. Diese Präferenzfunktion ist aber lediglich für risikoaverse Entscheider (α repräsentiert den Grad der Risikoaversion) und normalverteilte Zufallsvariablen mit dem Bernoulli-Prinzip kompatibel und daher für die präferenzabhängige Ermittlung des Wertbeitrags der Option grundsätzlich nicht geeignet.

Eine Präferenzfunktion, die für ein Shortfall-Risikomaß (hier Ausfallerwartung (AE)) definiert ist, lautet $\Phi = \mu - \lambda AE$. Diese ist ebenfalls für risikoaverse Entscheider (λ repräsentiert den Grad der Risikoaversion), jedoch im Vergleich zu der zuvor diskutierten (μ, σ) -Regel verteilungsunabhängig, mit dem Bernoulli-Prinzip kompatibel.

Wie die beiden beispielhaften Präferenzfunktionen verdeutlichen, hängt die Wahl einer geeigneten Präferenzfunktion sehr stark von den genannten Aspekten ab.

Basierend auf einer nunmehr entsprechend gewählten Präferenzfunktion kann der Entscheider den Wertbeitrag der Option ermitteln. Wenn keine weiteren Investitionsalternativen vorliegen, tätigt der Entscheider letztendlich die Investition in das Basisprojekt für den Fall, dass dessen isolierter Kapitalwert zusammen mit dem Wertbeitrag der Option positiv ist ($NPV + \Phi > 0$). Zur Bestimmung des Wertbeitrags des Basisprojekts, kann alternativ auch zunächst der Ertrag des Basisprojekts $E(\tilde{NPV})$ gemäß Gleichung (4) bestimmt werden und die Präferenzfunktion auf den Ertrag und das Risiko des Basisprojekts angewendet werden (vgl. Abschnitt 4). In diesem Fall repräsentiert das Ergebnis der Präferenzfunktion Φ den Wertbeitrag des Basisprojekts und die Investition in das Basisprojekt wird getätigt, wenn $\Phi > 0$ gilt.

Vergleicht man diesen Ansatz mit der Anwendung des klassischen BSM (vgl. Gleichung (1)), so beeinflussen bei einem risikoaversen Entscheider der Ertrag ($E(\tilde{C}_0)$) und das projektspezifische Risiko der Wachstumsoption den Wertbeitrag des Basisprojekts gegenläufig. Der höhere Ertrag im Vergleich zur Anwendung des klassischen BSM wirkt positiv auf den Wertbeitrag; das höhere Risiko wirkt dagegen negativ. Ein risikoneutraler Entscheider entscheidet lediglich auf Basis des Ertrags, welcher im Vergleich zur Anwendung des klassischen BSM höher ist. Dies entspricht dem Verständnis der klassischen Optionstheorie,

die besagt, dass ein höheres Risiko (hier das zusätzliche projektspezifische Risiko) den Optionswert erhöht (Hull 2006, S. 207). Ein risikoaffiner Entscheider bewertet das Risiko positiv was zu einer weiteren Erhöhung des Wertbeitrags führt. Ob sich der Wertbeitrag der Wachstumsoption und somit der Wertbeitrag des Basisprojekts letztendlich durch den in diesem Beitrag vorgestellten Ansatz im Vergleich zur Anwendung des klassischen BSM erhöht oder verringert, hängt somit stark von der Risikoeinstellung des Entscheiders ab.

III.3.4 Anwendung des Ansatzes

Zur Veranschaulichung des vorgestellten Ansatzes wird dieser im Folgenden auf das bereits eingeführte Fallbeispiel der Multikanal-Vertriebsbank angewendet und dessen Nutzen illustriert. Der *NPV* des Basisprojekts (Erneuerung des Kreditbestandssystems) beträgt wie oben bereits genannt -2 Mio. EUR. Diese Zahlungen können als sicher angenommen werden, da es sich weitgehend um ein Festpreisprojekt handelt, bei dem ein extern beschafftes Pricing-Modul anzupassen ist. Die barwertigen Auszahlungen für das Folgeprojekt (Anpassungen und Erweiterungen der Middleware und Vertriebsfrontends) wurden durch attributbasierte Expertenschätzungen (Anzahl neuer beziehungsweise zu modifizierender Services und deren Komplexität, Anzahl neuer beziehungsweise zu modifizierender Oberflächen (Graphical User Interfaces) etc.) durch den IT-Dienstleister der Bank auf 2,5 Mio. EUR geschätzt und im Falle einer gewünschten Durchführung des Folgeprojekts von einem externen IT-Dienstleister zu einem Fixpreis angeboten. Die Marketingaktivitäten schlagen mit 1,5 Mio. EUR zu Buche. Somit liegen die barwertigen Auszahlungen des Folgeprojekts X_0 bei insgesamt 4 Mio. EUR. Als risikolosen Kalkulationszins nimmt die Bank für alle IT-Investitionen grundsätzlich einen Zinssatz von 5% an. Die Laufzeit des Basisprojekts und somit die Optionslaufzeit beträgt ein Jahr ($T = 1$). Die barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts gelten zum Entscheidungszeitpunkt $t = 0$ als unsicher, da sich verschiedene Zufallsereignisse auf deren Höhe auswirken können. So identifiziert die Bank potenzielle Zinsniveauschwankungen, volatile Marktnachfrage und Aktivitäten anderer Banken als potenzielle Zufallsereignisse während der Laufzeit des Basisprojekts, welche Einfluss auf den Absatz der neuen Kreditprodukte und damit auf die Einzahlungen des Folgeprojekts haben können (Marktrisiko). Als weiterer Unsicherheitsfaktor bei derartigen Großprojekten, die alle Ebenen der IT-Landschaft betreffen, gilt erfahrungsgemäß die nach Abschluss des Basisprojekts erreichte Umsetzungsqualität (im Hinblick auf den nutzbaren Funktionsumfang) der benötigten Basisfunktionalitäten (projektspezifisches Risiko). Nur wenn alle erforderlichen Backendfunktionalitäten fristgerecht vollständig und in hinreichender Qualität vorliegen, lassen

sich diese an die Middleware (und indirekt an die Frontends) anbinden und Integrationstest, Regressionstest und End-to-End-Tests durchführen. Sollten nach dem Rollout der Backendfunktionalitäten jedoch Mängel hinsichtlich der Qualität der Backendsysteme beziehungsweise der zur Verfügung gestellten Funktionalitäten bestehen, können Kreditprodukte nicht oder nur mit einem erhöhten manuellen Nachbereitungsaufwand (bspw. im Backoffice) vertrieben werden. Insofern wirkt sich die Qualität der Backendsysteme auf die barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts aus, was typisch für derartige Basisprojekte ist. Da der Bank keine Informationen über die Dichtefunktion $f(s)$ der barwertigen Einzahlungen vorliegen, wird eine Expertenbefragung durchgeführt, um das projektspezifische Risiko bei der Bewertung zu berücksichtigen. Konkret werden drei alternative Szenarien (Worst-Case, Most-Likely und Best-Case) definiert und die zugehörigen barwertigen Einzahlungen s_i mit deren Eintrittswahrscheinlichkeiten p_i für $i \in \{1, 2, 3\}$ geschätzt. Diese Vorgehensweise entspricht einer Diskretisierung der im Modell stetig angenommenen barwertigen Einzahlungen \tilde{S}_0 .

Bei vollständiger Umsetzung des Basisprojekts (alle Funktionalitäten in hinreichender Qualität) können durch den optimierten Automatisierungsgrad und damit geringen manuellen Bearbeitungsaufwand für nicht automatisiert bearbeitbare Anträge im Backoffice die Personalkosten erheblich reduziert werden, was zu barwertigen Einzahlungen (welche bereits mögliche Einsparungen von Personalkosten beinhalten) in Höhe von $s_1 = 8$ Mio. EUR führt. Diesem Szenario wird eine Eintrittswahrscheinlichkeit von $p_1 = 0,3$ zugeordnet. Dies setzt jedoch voraus, dass unter anderem eine Lösung zum Umgang mit sogenannten Identitätsvorbehalten gefunden wird, welche derzeit einen hohen manuellen Nachbearbeitungsaufwand verursachen. Identitätsvorbehalte bestehen immer dann, wenn der Geschäftspartner (Kunde) systemseitig nicht eindeutig identifiziert werden kann. Ursächlich hierfür ist vielfach eine mangelnde Datenqualität und meist treten diese im Zusammenhang mit Bonitätsanfragen bei externen Anbietern auf (z. B. Schufa). Kann für dieses fachliche Problem nicht fristgerecht eine automatisierte Lösung gefunden werden, tritt das Most-Likely-Szenario ein. Hierbei gehen die Experten davon aus, dass mit dem Basisprojekt alle notwendigen Funktionalitäten bereitgestellt werden, die einen Verkauf aller geplanten Kreditprodukte in allen Vertriebskanälen ermöglichen. Dieses Szenario, mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $p_2 = 0,4$, führt zu barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts in Höhe von $s_2 = 6$ Mio. EUR. Als drittes Szenario wird ein Worst-Case-Szenario definiert, welches den Fall abdeckt, dass das Basisprojekt zwar abgeschlossen, jedoch nicht alle benötigten Kreditmodelle berechnet und in der Bestandsverwaltung automatisiert bearbeitet werden können. Damit ließen sich im ersten

Schritt nicht alle geplanten neuen Kreditprodukte in den Vertriebskanälen verkaufen, was zu verminderten barwertigen Einzahlungen führen würde. Der Barwert der Einzahlungen wird für dieses Szenario auf $s_3 = 3$ Mio. EUR prognostiziert. Die Eintrittswahrscheinlichkeit des Worst-Case-Szenarios wird mit $p_3 = 0,3$ veranschlagt. Anhand der mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten gewichteten barwertigen Einzahlungen des Folgeprojekts lässt sich der Erwartungswert der barwertigen Einzahlungen $E(\tilde{S}_0)$ in Höhe von 5,70 Mio. EUR berechnen (vgl. Tabelle III–11).

Tab. III–11: Bestimmung des Erwartungswerts der barwertigen Einzahlungen

Szenario	Barwert der Einzahlungen des Folgeprojekts (s_i)	Eintrittswahrscheinlichkeit (p_i)	Erwartungswert der barw. Einzahlungen ($E(\tilde{S}_0)$)
Best-case	8 Mio. EUR	30%	5.70 Mio. EUR
Most-likely	6 Mio. EUR	40%	
Worst-case	3 Mio. EUR	30%	

Bei Anwendung des klassischen Reoptionsansatzes verwendet die Bank den so berechneten Erwartungswert der barwertigen Einzahlungen $E(\tilde{S}_0)$ als Wert des Underlyings für die Wachstumsoption. Zur Bestimmung des Marktrisikos orientiert sich die Bank an einem Kreditderivate-Index (iTraxx Europe), welcher eine Volatilität von 40% p.a. aufweisen (vgl. Byström 2005). Der Kreditderivate-Index eignet sich in diesem Fall sehr gut als „twin security“, da durch dessen Volatilität identische Zufallsereignisse repräsentiert werden wie durch das Marktrisiko des Folgeprojekts. Ericsson et al. (2005) bestätigen bspw., dass Leitzinsschwankungen einen signifikanten Einfluss auf den Wert von Kreditderivaten haben. Gleichzeitig wirken sich Leitzinsschwankungen gleichermaßen auf den Erfolg des Folgeprojekts (d.h. auf die aus dem Verkauf neuer Kreditprodukte generierten Einzahlungen) aus.

Mit Hilfe dieser Werte resultiert nach Anwendung des klassischen BSM ein Optionswert in Höhe von 2,05 Mio. EUR. Da dieser den negativen passiven Kapitalwert des Basisprojekts ($NPV = -2$ Mio. EUR) um 0,05 Mio. EUR übersteigt, ist der Wertbeitrag des Basisprojekts unter Berücksichtigung der intertemporalen Abhängigkeit zum Folgeprojekt positiv (vgl. Gleichung (1)):

$$ENPV = -2 \text{ Mio. EUR} + 2,05 \text{ Mio. EUR} = 0,05 \text{ Mio. EUR}$$

Auf Basis der Anwendung des klassischen BSM kommt die Bank somit zu dem Schluss, dass die Investition in das Basisprojekt aufgrund des positiven Wertbeitrags durchgeführt werden sollte.

Da durch diese Vorgehensweise das projektspezifische Risiko des Folgeprojekts nicht berücksichtigt wird, wird nun durch die vorgestellte entscheidungstheoretische Erweiterung des klassischen BSM veranschaulicht, inwiefern sich diese auf die Investitionsentscheidung auswirken können. Dazu wird zunächst für jedes Szenario der zugehörige Optionswert $c(s_i)$ ermittelt (vgl. Tabelle III–12).

Tab. III–12: Bestimmung des erwarteten Optionswerts²²

Szenario	Barwert der Einzahlungen des Folgeprojekts (s_i)	Optionswert	Erwarteter Optionswert
Best-case	8 Mio. EUR	4.22 Mio. EUR	2.26 Mio. EUR
Most-likely	6 Mio. EUR	2.31 Mio. EUR	
Worst-case	3 Mio. EUR	0.23 Mio. EUR	

Um über die Investition in das Basisprojekt zu entscheiden muss die Bewertung im Zeitpunkt $t = 0$ erfolgen. Dazu werden die verschiedenen Optionswerte $c(s_i)$ mit ihren Eintrittswahrscheinlichkeiten p_i gewichtet, woraus sich ein erwarteter Optionswert $E(c(\tilde{S}_0))$ in Höhe von circa 2,26 Mio. EUR ergibt. Damit erhöht die Berücksichtigung der Verteilungseigenschaft der Option den erwarteten Wert (Ertrag) des Basisprojekts um 210 Tsd. EUR auf 0,26 Mio. EUR, was in diesem Beispiel einer Erhöhung des Ertrags um mehr als 400% entspricht:

²² Betrachtet man im Speziellen das Worst-Case-Szenario so lässt sich festhalten, dass der zugehörige Optionswert leicht positiv ist, obwohl die barwertigen Einzahlungen in Höhe von 3 Mio. EUR geringer sind als die anfallenden Auszahlungen in Höhe von 4 Mio. EUR. Dies ist auf den Zeitwert der Option zurückzuführen, welcher besagt, dass sich im Zeitraum zwischen $t = 0$ und $t = 1$ aufgrund des existierenden Marktrisikos (welches im BSM als Volatilität einfließt) die Einzahlungen (s_3) noch positiv entwickeln können und damit die Auszahlungen (X) zum Zeitpunkt $t = 1$ überschreiten können. Erst zum Zeitpunkt $t = 1$ wird schließlich über die Durchführung des Folgeprojekts (d.h. Ausübung der Option) entschieden, da zu diesem Zeitpunkt aufgrund der oben erwähnten „boundary condition“ gilt: $c(s_3) = \max(0; s_3 - X)$.

$$E(E\tilde{NPV}) = -2 \text{ Mio. EUR} + 2,26 \text{ Mio. EUR} = 0,26 \text{ Mio. EUR}$$

Zur Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos gilt es, dieses im nächsten Schritt zu quantifizieren. Gemäß der in Abschnitt 3.3 beschriebenen Vorgehensweise wird dazu zunächst ein geeignetes Risikomaß durch eine Analyse des Risikoverständnisses der Bank ermittelt. Diese versteht unter dem Risikobegriff meist – und insbesondere bei erfolgskritischen Projekten – die mögliche negative Abweichung von einem Zielwert. Dies geht mit dem allgemeinen Risikoverständnis im IT-Risikomanagement einher, wo insbesondere Shortfall-Risiken betrachtet werden (vgl. Bonham 2005, S. 13). Unter den entsprechenden Shortfall-Risikomaßen erscheint insbesondere die Klasse der Lower Partial Moments (*LPM*) passend, welche ausschließlich negative Abweichungen von einem – vom Entscheider festgelegten – Zielwert berücksichtigen. Sie besitzen damit den „Vorzug einer Risikodefinition (...), die konsistent zu einem intuitiven Risikoverständnis ist“ (Albrecht und Maurer 2005, S. 115). Die herkömmlichen *LPM* können in drei Fälle unterschieden werden: die Ausfallwahrscheinlichkeit (LPM_0), die Ausfallerwartung (LPM_1) und die Ausfallvarianz (LPM_2). Da das Risiko im Sinne eines wertorientierten ITPM lediglich durch die Ausfallerwartung mit einem direkt interpretierbaren monetären Wert quantifiziert wird, soll diese im Folgenden Anwendung finden. Sie ist wie folgt definiert (vgl. Albrecht und Maurer, S. 118):

$$(7) \quad LPM_1(z; R) = \sum_{r_i < z} (z - r_i) p_i$$

Der Parameter R entspricht dabei einer diskreten Zufallsvariable mit den Ausprägungen r_i ($i=1, \dots, m$). z ist ein von der Bank definierter Wert, den die Ausprägungen der Zufallsvariable mindestens erreichen sollen. Im hier betrachteten Fall gilt $R = E\tilde{NPV}$ und damit $r_i = enpv_i$. Um mit der Ausfallerwartung den erwarteten Verlust im Sinne eines negativen Werts der Investition in das Basisprojekt zu bestimmen, wählt die Bank $z = 0$. Somit kann sie das Shortfall-Risiko des Basisprojekts wie folgt quantifizieren:

$$(8) \quad LPM_1(0; E\tilde{NPV}) = \sum_{enpv_i < 0} (0 - enpv_i) p_i, \text{ mit } enpv_i = NPV + c(s_i)$$

In Tabelle III–13 sind die möglichen Ausprägungen $enpv_i$ des Werts des Basisprojekts $E\tilde{NPV}$ dargestellt:

Tab. III–13: Bestimmung des erwarteten Optionswerts²³

Szenario	Isolierter Kapitalwert (NPV)	Optionswert ($c(s_i)$)	Wert des Basisprojekts ($enpv_i$)
Best-case	-2 Mio. EUR	4,22 Mio. EUR	2,22 Mio. EUR
Most-likely	-2 Mio. EUR	2,31 Mio. EUR	0,31 Mio. EUR
Worst-case	-2 Mio. EUR	0,23 Mio. EUR	-1,77 Mio. EUR

Wie in Tabelle III–13 verdeutlicht, ist der Wert des Basisprojekts genau bei Eintreten des Worst-Case-Szenarios negativ. Für einen geforderten Zielwert von 0 EUR ergibt sich gemäß Gleichung (8) eine Ausfallerwartung in Höhe von

$$LPM_1(0; E\tilde{NPV}) = 1,77 \text{ Mio. EUR} \cdot 0,3 = 0,53 \text{ Mio. EUR}$$

Nachdem einem Ertrag in Höhe von 0,26 Mio. EUR ein Risiko von 0,53 Mio. EUR gegenübersteht, ist zur Ermittlung des Wertbeitrags eine Präferenzfunktion zu bestimmen, mit der ein Wertbeitrag aus Ertrag und Risiko im Sinne der Ausfallerwartung ermittelt wird.

Da eine geeignete Präferenzfunktion darüber hinaus aber auch von der Risikoeinstellung des Entscheiders abhängt, wird zunächst die Risikoeinstellung der Bank analysiert. Dazu werden gemäß der Vorgehensweise aus Abschnitt 3.3 der Bank zwei hypothetische Projektalternativen mit gleichem erwarteten Wert (Ertrag) vorgelegt, wobei ein Projekt einen sicheren und ein Projekt einen unsicheren Wert hat. Da sich die Bank für das sichere Projekt entscheidet wird sie als risikoavers eingeschätzt.

Erfolgt die Projektentscheidung eines risikoaversen Entscheiders wie in diesem Fall nach Erwartungswert und Ausfallerwartung, muss bei Gültigkeit des Bernoulli-Prinzips für die Präferenzfunktion der folgende Zusammenhang gelten (Bamberg und Coenenberg 2006, S. 107):

²³ Betrachtet man im Speziellen das Worst-Case-Szenario so lässt sich festhalten, dass der zugehörige Optionswert leicht positiv ist, obwohl die barwertigen Einzahlungen in Höhe von 3 Mio. EUR geringer sind als die anfallenden Auszahlungen in Höhe von 4 Mio. EUR. Dies ist auf den Zeitwert der Option zurückzuführen, welcher besagt, dass sich im Zeitraum zwischen $t = 0$ und $t = 1$ aufgrund des existierenden Marktrisikos (welches im BSM als Volatilität einfließt) die Einzahlungen (s_3) noch positiv entwickeln können und damit die Auszahlungen (X) zum Zeitpunkt $t = 1$ überschreiten können. Erst zum Zeitpunkt $t = 1$ wird schließlich über die Durchführung des Folgeprojekts (d.h. Ausübung der Option) entschieden, da zu diesem Zeitpunkt aufgrund der oben erwähnten „boundary condition“ gilt: $c(s_3) = \max(0; s_3 - X)$.

$$(9) \quad \Phi(E\tilde{NPV}) = E(E\tilde{NPV}) - \lambda LPM_1(0; E\tilde{NPV})^{24}$$

Der Parameter λ ist dabei ein positiver Skalar, welcher den Grad der Risikoaversion der Bank zum Ausdruck bringt (Fishburn 1977, S. 120). Als Ausgangspunkt für dessen Bestimmung kann auf Ansätze zur empirischen Ermittlung des Bernoulli-Nutzens zurückgegriffen werden (vgl. bspw. Farquhar 1984; Eisenführ und Weber 1999, S. 247; Bamberg und Coenenberg 2006, S. 90). Dabei werden dem Entscheider wiederum zwei hypothetische Projektalternativen vorgelegt, wobei die eine einen sicheren Wert und die andere einen unsicheren Wert hat. Anschließend wird das Risiko des unsicheren Projekts so lange variiert, bis der Entscheider indifferent zwischen den beiden Projektalternativen ist. Aus dem registrierten Verhalten des Entscheiders kann dann die Ausprägung der Risikoeinstellung und somit die Ausprägung des Risikoaversionsparameters bestimmt werden. Dementsprechend werden der Bank ein hypothetisches sicheres Projekt mit einem Wertbeitrag von 0 EUR und das hier zu bewertende Basisprojekt mit einem Ertrag von 0,26 Mio. EUR und einem Risiko 0,53 Mio. EUR vorgelegt. Die Bank würde für den Fall, dass keine weiteren Alternativinvestitionen zur Verfügung stehen und eines der beiden Projekte durchgeführt werden muss, das sichere Projekt vorziehen. Anschließend wird das Risiko des Basisprojekts hypothetisch so lange variiert, bis die Bank indifferent zwischen den beiden Projekten ist. Eine solche Indifferenz wird für ein Risiko von 0,43 Mio. EUR festgestellt. Da die Präferenzfunktion bei diesem Risiko und einem λ von 0,6 zu einem Wertbeitrag von 0 EUR (vgl. Wertbeitrag des sicheren Projekts) führt, wird der Risikoaversionsparameter dementsprechend festgelegt. Somit kann mit dieser Präferenzfunktion der Wertbeitrag des Basisprojekts wie folgt bestimmt werden:

$$\Phi(E\tilde{NPV}) = 0,26 \text{ Mio. EUR} - 0,6 \cdot 0,53 \text{ Mio. EUR} = -0,06 \text{ Mio. EUR} < 0 \text{ EUR}$$

²⁴ Die zugehörige Bernoulli-Nutzenfunktion lautet:

$$u(x) = \begin{cases} x, & \text{falls } x \geq 0 \\ (1 + \lambda)x, & \text{sonst} \end{cases}$$

Diese erscheint für einen Entscheider sinnvoll, der insbesondere verlustavers ist, d.h. Ereignisse vermeiden will, für die $x < 0$ gilt. Dass der Grad der Risikoaversion für $x < 0$ konstant ist, d.h. unabhängig davon, ob ein geringer oder ein hoher Projektverlust erzielt wird, lässt sich bspw. für IT-Infrastrukturprojekte, welche für den gesamten Unternehmenserfolg kritisch sind, leicht begründen, da ein Verlust ($x < 0$) hier einem unternehmenskritischen Scheitern des Projekts entsprechen kann. Auch wenn diese Nutzenfunktion die Mängel aufweist, dass sie unbeschränkt ist und im positiven sowie negativen Bereich linear verläuft, ist sie „in vielen Fällen eine hinreichend gute (...) Approximation“ (Schneeweiß 1967, S. 101) an eine konkav gebogene Nutzenfunktion. Dies liegt v. a. daran, dass $u(x)$ „über den Ursprung hinweg konkav ist“ (Schneeweiß 1967, S. 101) und somit ein risikoaverser Entscheider für den Fall angenommen werden kann, dass die zugehörige Zufallsvariable ($E\tilde{NPV}$) sowohl positive als auch negative Werte annehmen kann. Diese Voraussetzung ist in dem betrachteten Fall erfüllt.

Damit wird deutlich, dass der Wertbeitrag aufgrund der Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos trotz eines höheren Ertrags im Vergleich zur herkömmlichen Anwendung des Realoptionsansatzes bei einem risikoaversen Entscheider geringer sein kann. In diesem realen Fallbeispiel hätte die Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos sogar dazu geführt, dass die Bank aufgrund eines negativen Wertbeitrags das Basisprojekt nicht durchgeführt hätte. Dies verdeutlicht, dass die Anwendung des klassischen BSM zu falschen Investitionsentscheidungen führen kann.

III.3.5 Zusammenfassung und Ausblick

Eine Hauptherausforderung der Wirtschaftsinformatik liegt darin, Modelle und Theorien anderer akademischer Disziplinen auf wissenschaftliche Fragestellungen und praktische Herausforderungen der Wirtschaftsinformatik zu übertragen (Benaroch und Kauffmann 1999). Vor diesem Hintergrund wurden in diesem Beitrag im ersten Schritt existierende entscheidungstheoretische Erweiterungen des diskreten BM (vgl. Abschnitt 2.1) auf das stetige BSM übertragen. Damit wurden die unter Abschnitt 2.2 beschriebenen, anwendungsorientierten Ansätze um ein entscheidungstheoretisches Kalkül zur Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos erweitert. Dabei wurde gezeigt, dass die Anwendung des klassischen BSM zu einer systematischen Unterbewertung von Ertrag und Risiko eines Basisprojekts führt. Im zweiten Schritt wurde erstmalig im Rahmen eines realen Fallbeispiels illustriert, wie das BSM bei der Existenz eines teilweise vollständigen Markts zur Bestimmung eines eindeutigen, präferenzabhängigen Realoptionswerts angewendet werden kann. Dabei wurden die Ergebnisse mit den Ergebnissen der Anwendung des klassischen BSM verglichen, und es wurde verdeutlicht, dass die korrekte Berücksichtigung des projektspezifischen Risikos zu veränderten Investitionsentscheidungen führen kann.

Trotz der veranschaulichten Stärken des vorgestellten Ansatzes sind auch einige Limitationen zu diskutieren, die Implikationen für Wissenschaft und Praxis haben können:

- **Parametrisierung**

Trotz der ausführlichen Darstellung, wie der vorgestellte Ansatz parametrisiert werden kann, beruhen die Inputdaten häufig auf Einschätzungen und Erfahrungswerten der Entscheider. Insofern können trotz des theoretisch fundierten Ansatzes Fehlbewertungen zustande kommen. Entscheider in der Praxis sollten deshalb Sensitivitätsanalysen durchführen um Parameter, die für Investitionsentscheidungen ausschlaggebend sein können – wie z. B. den

Risikoaversionsparameter – zu identifizieren. Gleichzeitig ist es zukünftig Aufgabe der Wissenschaft die Schätzverfahren zur Bestimmung der Inputdaten zu verbessern.

- **Modellierung**

Im vorliegenden Beitrag werden restriktive Annahmen getroffen, die es zu hinterfragen gilt. So werden die Zahlungsströme des Basisprojekts in Annahme *A1* beispielweise als sicher angenommen. Um eine ganzheitliche Risikobetrachtung im Sinne eines wertorientierten IT-Portfoliomanagements zu ermöglichen, ist in weiteren Forschungsarbeiten der vorgestellte Ansatz um die Berücksichtigung von Basisprojektrisiken (d.h. unsicheren Zahlungsströmen des Basisprojekts) zu erweitern. Dabei kann auf bestehende Arbeiten, wie zum Beispiel den Beitrag von Wehrmann und Zimmermann (2005), zurückgegriffen werden. Dies führt voraussichtlich zu einer weiteren Erhöhung des Risikos und somit bei einem risikoaversen Entscheider zu einer weiteren Verschlechterung des im Praxisbeispiel bewerteten Projekts. Dies ist bei der Anwendung des entwickelten Ansatzes in der Praxis zu berücksichtigen.

- **Anzahl der betrachteten intertemporalen Abhängigkeiten**

Im vorliegenden Beitrag wird darüber hinaus nur eine einzelne Wachstumsoption betrachtet. In der Realität existiert aber häufig eine Vielzahl an Wachstumsoptionen in einem Basisprojekt, die alle dessen Ertrags- und Risikoposition beeinflussen können. Darüber hinaus können auch so genannte *compound options*, d.h. Optionen auf Optionen existieren. Diese treten auf, wenn bspw. ein Folgeprojekt existiert, welches wiederum als Basisprojekt für eine darauf folgende IT-Investition dient (Investitionsketten). Wie solche *compound options* unter Berücksichtigung der Erkenntnisse dieses Beitrags den Wertbeitrag eines Basisprojekts beeinflussen, gilt es in weiteren Forschungsarbeiten zu untersuchen. Als Grundlage dafür kann bspw. der Beitrag von Taudes et al. (1998) dienen.

- **Arten von Abhängigkeiten**

Der Fokus dieses Beitrags liegt auf der Berücksichtigung intertemporaler Abhängigkeiten. Da Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten aber nicht nur zwischen aufeinander aufbauenden sondern auch zwischen parallel durchgeführten IT-Projekten (intratemporale Abhängigkeiten) existieren, sind diese im Rahmen eines wertorientierten IT-Portfoliomanagement ebenfalls zu berücksichtigen. In weiteren Forschungsarbeiten ist zu untersuchen, ob und wie diese in den bestehenden Ansatz integriert werden können. Ausgangspunkt dafür können bspw. die Beiträge von Santhanam und Kyparisis (1996) und Wehrmann et al. (2005) sein, die beide die IT-Portfoliooptimierung unter Berücksichtigung von intratemporalen Abhängigkeiten adressieren.

Nach diesen wichtigen Limitationen soll letztendlich noch die Verallgemeinerbarkeit des Ansatzes beleuchtet werden. Der hier vorgestellte Ansatz bezieht sich auf die Bewertung von intertemporalen Abhängigkeiten zwischen IT-Investitionen (Wachstumsoptionen). Da bei der Bewertung eines IT-Projekts auch noch weitere Optionen wie z. B. Verzögerungs- oder Abbruchoptionen zu berücksichtigen sind, stellt sich die Frage, ob solche Realoptionen ebenfalls mit dem hier entwickelten Ansatz bewertet werden können. Da es sich dabei ebenfalls um Optionen auf IT-Projekte handelt und sich damit dieselbe Problematik hinsichtlich der Duplizierbarkeit der Risiken ergibt, liegt die Vermutung nahe, dass der Ansatz auch für andere Realoptionstypen geeignet ist. Ebenfalls ist zu vermuten, dass der Ansatz nicht nur spezifisch zur Bewertung von Realoptionen auf IT-Projekte angewendet werden kann. Vielmehr scheint er auf beliebige unsichere Projekte (Underlyings) übertragbar zu sein, die ebenfalls durch Marktrisiken und projektspezifische Risiken gekennzeichnet sind. Werden diese naheliegenden Vermutungen in weiteren Forschungsarbeiten bestätigt, kann dieser Ansatz zur Bewertung beliebiger Realoptionen auf beliebige unsichere Projekte genutzt werden.

III.4 Anhang

Anhang A1:

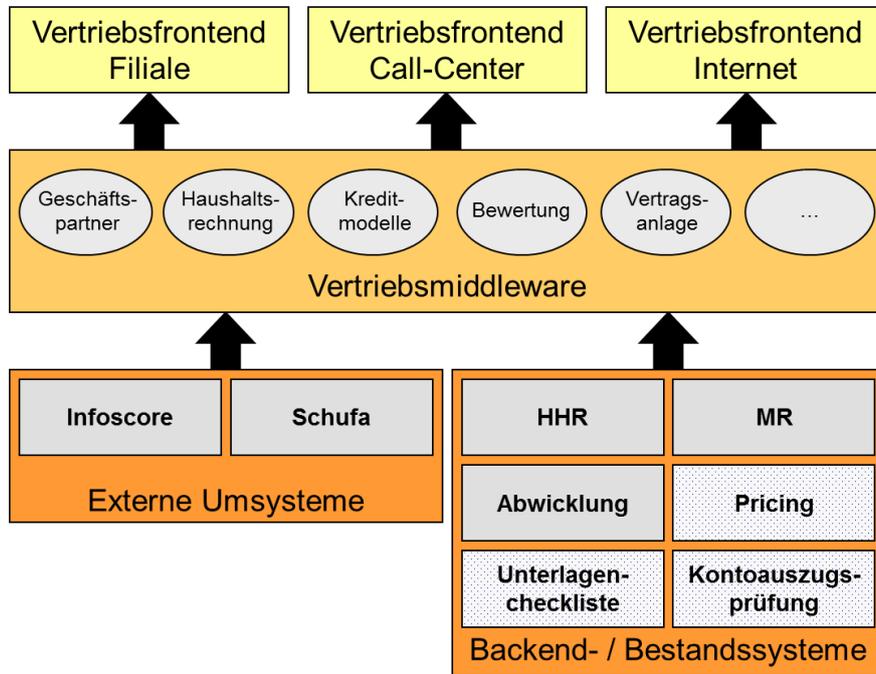


Abb. III-5: IT-Landschaft der Bank

Anhang A2:

Tab. III-14: Bestimmung des erwarteten Optionswerts

Parameter	Bedeutung bei einer Wachstumsoption
t	Zeitpunkt: <ul style="list-style-type: none"> $t = 0$: Zeitpunkt der Investitionsentscheidung in das Basisprojekt $t = T$: Abschluss des Basisprojekts
X_0	Barwert der Auszahlungen des Folgeprojekts
\tilde{S}_0	Barwert der Einzahlungen des Folgeprojekts (Zufallsvariable)
s_i	Konkrete Ausprägungen von \tilde{S}_0
\tilde{C}_0	Wert der Wachstumsoption (Zufallsvariable)
$c(s_i)$	Konkrete Ausprägung von \tilde{C}_0
$E\tilde{NPV}$	Wert des Basisprojekts (Zufallsvariable)
$enpv_i$	Konkrete Ausprägungen von $E\tilde{NPV}$
$f(s)$	Dichtefunktion von \tilde{S}_0
$g(c)$	Dichtefunktion von \tilde{C}_0
p_i	Eintrittswahrscheinlichkeit für die Ausprägungen s_i , $c(s_i)$ und $enpv_i$
λ	Risikoaversionsparameter

III.5 Literatur

Albrecht P, Maurer R (2005) Investment- und Risikomanagement – Modelle, Methoden, Anwendungen. 2. Auflage, Schaeffer Poeschel, Stuttgart, Deutschland

Angelou GN, Economides AA (2008) A Decision Analysis Framework for Prioritizing a Portfolio of ICT Infrastructure Projects. *IEEE Transactions on Engineering Management* 55(3):479-495

Balasubramanian P, Kulatilaka N, Storck J (2000) Managing information technology investments using a real-options approach. *Journal of Strategic Information Systems* 9(1):39-62

Bamberg G, Baur F, Krapp M (2007) Statistik. 13. Auflage, Oldenbourg, München, Deutschland

Bamberg G, Coenenberg AG (2006) Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 13. Auflage, Vahlen, München, Deutschland

Banker R, Wattal S, Plehn-Dujowich JM (2010) Real Options in Information Systems – a Revised Framework. Proceedings of the 31st International Conference on Information Systems (ICIS), St. Louis, USA

Bardhan I, Bagchi S, Sougstad R (2004) Prioritizing a Portfolio of Information Technology Investment Projects. *Journal of Management Information Systems* 21(2):33-60

Benaroch M, Kauffman RJ (1999) A Case for Using Real Options Pricing Analysis to Evaluate Information Technology Project Investments. *Information Systems Research* 10(1):70-86

Benaroch M, Kauffman RJ (2000) Justifying electronic banking network expansion using real options analysis. *MIS Quarterly* 24(2):197-225

Benaroch M (2002) Managing Information Technology Investment Risk: A Real Options Perspective. *Journal of Management Information Systems* 19(2):43-84

Benaroch M, Lichtenstein Y, Robinson K (2006) Real Options in Information Technology Risk Management: An Empirical Validation of Risk-Option Relationships. *MIS Quarterly* 30(4):827-864

Bernoulli D (1954) Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk. *Econometrica* 22(1):23-36 (Original: Bernoulli D (1738) Specimen Theoriae Novae de Mensura Sortis. *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, Tomus V:175-192)

-
- Bernroider E, Koch S (2000) Entscheidungsfindung bei der Auswahl betrieblicher Standardsoftware – Ergebnisse einer empirischen Untersuchung in österreichischen Unternehmen. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 42(4):329-338
- Bethuyne G (2002) The Timing of Technology Adoption by a Cost-Minimizing Firm. *Journal of Economics* 76(2):123-154
- Black F (1975) Fact and Fantasy in the Use of Options. *Financial Analysts Journal* 31(4):36-41
- Black F, Scholes M (1973) The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy* 81(3):637-654
- Bonham SS (2005) *IT Project Portfolio Management*. 1. Auflage, Artech House Inc, Norwood, USA
- Brennan MJ, Schwartz ES (1985) Evaluating Natural Resource Investments. *The Journal of Business* 58(2):135–157
- Byström H (2005) Credit Default Swaps and Equity Prices: The iTraxx CDS Index Market, Working Paper, http://www.nek.lu.se/publications/workpap/Papers/WP05_24.pdf, Abruf am 03.04.2011
- CA Inc. (2007) Over budget IT projects costing UK Plc £256m* per year – CA. <http://www.ca.com/gb/press/Release.aspx?CID=155480>, Abruf am 16.07.2010
- Cao Q, Gu VC, Burns JR (2009) Applications of real option analysis to vendor selection process in IT outsourcing. *International Journal of Information Systems and Change Management* 4(2):143-155
- CIO Insight (2004) *The CIO Insight Research Study: Project Management*, USA
- Copeland TE, Antikarov V (2003) *Real Options – A Practitioner's Guide*. 1. Auflage, Cengage Learning, New York, USA
- Cortazar G, Casassus J (1998) Optimal Timing of a Mine Expansion: Implementing a Real Options Model. *The Quarterly Review of Economics and Finance* 38(4):755-769
- Cox JC, Ross SA, Rubinstein M (1979) Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics* 7(3):229-263
- Dangl T, Kopel MO (2003) Die Bedeutung vollständiger Märkte für die Anwendung des Realoptionsansatzes. In: Hommel U, Scholich M, Baecker P (Hrsg) *Reale Optionen – Konzepte, Praxis und Perspektiven strategischer Unternehmensführung*, 37-62

-
- Diepold D, Ullrich C, Wehrmann A, Zimmermann S (2009) A real options approach for valuating intertemporal interdependencies within a value-based IT portfolio management - a risk-return perspective. Proceedings of the 17th European Conference on Information Systems (ECIS), Verona, Italien
- Diepold D, Ullrich C, Wehrmann A, Zimmermann S (2011) Bewertung intertemporaler Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten - Anwendung eines realoptionsbasierten Ansatzes unter Berücksichtigung projektspezifischer Risiken. Zeitschrift für Betriebswirtschaft 81(7):805-831
- Dolci PC, Macada ACG, Becker JL (2010) IT Investment Management using the Real Options and Portfolio Management Approaches. Proceedings of the 16th American Conference on Information Systems (AMCIS), Lima, Peru
- Dos Santos BL (1991) Justifying Investments in New Information Technologies. Journal of Management Information Systems 7(4):71-90
- Eckström MA, Björnsson HC (2005) Valuing Flexibility in Architecture, Engineering, and Construction Information Technology Investments. Journal of Construction Engineering and Management 131(4):431-438
- Eisenführ F, Weber M (1999) Rationales Entscheiden. 3. Auflage, Springer, Heidelberg, Deutschland
- Elton EJ, Gruber MJ, Brown SJ, Goetzmann WN (2007) Modern Portfolio Theory and Investment Analysis. 7. Auflage, Wiley, Hoboken, USA
- Emery DR, Parr PC, Mokkelbost PB, Gandhi D, Saunders A (1978) An Investigation of Real Investment Decision Making with the Options Pricing Model. Journal of Business Finance & Accounting 5(4):363-369
- Ericsson J, Jacobs K, Oviedo R (2005) The Determinants of Credit Default Swap Premia, Working Paper, <http://w4.stern.nyu.edu/salomon/docs/Credit2006/EricssonJacobsOviedo.pdf>, Abruf am 03.04.2011
- Farquhar PH (1984) Utility Assessment Methods. Management Science 30(11):1283-1300
- Fettke P (2006) State-of-the-Art des State-of-the-Art - Eine Untersuchung der Forschungsmethode „Review“ innerhalb der Wirtschaftsinformatik. WIRTSCHAFTSINFORMATIK 48(4):257-266

-
- Fichman RG (2004) Real Options and IT Platform Adoption: Implications for Theory and Practice. *Information Systems Research* 15(2):132-154
- Fichman RG, Keil M, Tiwana A (2005) Beyond Valuation: “Option Thinking” in IT Project Management. *California Management Review* 47(2):74-96
- Fishburn PC (1977) Mean Risk Analysis with Risk Associated with Below Target Returns. *American Economic Review* 67(2):116-126
- Franke G, Hax H (2003) *Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt*. 5. Auflage, Springer, Heidelberg, Deutschland
- Gull D (2011) Valuation of Discount Options in Software License Agreements. *Business & Information Systems Engineering* 53(4):213-223
- Harmantzis FC, Tanguturi VP (2007) Investment decisions in the wireless industry applying real options. *Telecommunications Policy* 31(2):107-123
- Henrich A (2002) *Management von Softwareprojekten*. 1. Auflage, Oldenbourg, München, Deutschland
- Heinrich B, Huber A, Zimmermann S (2011) Make-and-Sell or Buy of Web Services – A real option approach. *Proceedings of the 19th European Conference on Information Systems (ECIS)*, Helsinki, Finnland
- Herath HSB, Herath TC (2008) Investments in Information Security: A Real Options Perspective with Bayesian Postaudit. *Journal of Management Information Systems* 25(3):337-375
- Hilhorst C, van Heck E, Ribbers P, Smits M (2006) Combining Real Options and Multiattribute Decision Analysis to define the favourable IT Infrastructure Implementation Strategy: A Case Study. *Proceedings of the 14th European Conference on Information Systems (ECIS)*, Göteborg, Schweden
- Hilhorst C, Ribbers P, van Heck E, Smits M (2008) Risk Management and Valuation of Real Options in IT Projects: An Exploratory Experiment. *Proceedings of the 16th European Conference on Information Systems (ECIS)*, Galway, Irland
- Hubalek F, Schachermayer W (2001) The Limitations of No-Arbitrage Arguments for Real Options. *International Journal of Theoretical and Applied Finance* 4(2):361-373

Hull JC (2006) *Options, Futures, and Other Derivatives*. 6. Auflage, Prentice-Hall, New Jersey, USA

IT Governance Institute (2008) *IT Governance Global Status Report 2008*, USA

Ji Y (2010) *Incorporating Knowledge Building in Real Options Analyses of Technology Project Investment*. Proceedings of the 31st International Conference on Information Systems (ICIS), St. Louis, USA

Kauffman RJ, Kumar A (2008) *Network effects and embedded options: decision-making under uncertainty for network technology investments*. *Information Technology Management* 9(3):149-168

Kauffman RJ, Li X (2005) *Technology Competition and Optimal Investment Timing: A Real Options Perspective*. *IEEE Transactions on Engineering Management* 52(1):15-29

Kim HJ (2008) *Real Options: Strategic Technology Migration Options in Wireless Industry*. Proceedings of the 14th American Conference on Information Systems (AMCIS), Toronto, Kanada

Krcmar H (2010) *Informationsmanagement*. 5. Auflage, Springer, Heidelberg, Deutschland

Kruschwitz L (2007) *Investitionsrechnung*. 11. Auflage, Oldenbourg, München, Deutschland

Kruschwitz L (2011) *Investitionsrechnung*. 13. Auflage, Oldenbourg, München, Deutschland

Kumar RL (1996) *A Note on Project Risk and Option Values of Investments in Information Technologies*. *Journal of Management Information Systems* 13(1):187-193

Kumar RL (2002) *Managing risks in IT projects: an options perspective*. *Information & Management* 40(1):63-74

Lankton N, Luft J (2008) *Uncertainty and Industry Structure Effects on Managerial Intuition About Information Technology Options*. *Journal of Management Information Systems* 25(2):203-240

Lee JW, Kim SH (2001) *An integrated approach for interdependent information systems project selection*. *International Journal of Project Management* 19(2):111-118

Lee KJ, Shyu DS, Dai ML (2009) *The Valuation of Information Technology Investments by Real Options Analysis*. *Review of Pacific Basin Financial Markets and Policies* 12(4):611-628

-
- Li X (2009) Preemptive Learning, Competency Traps, and Information Technology Adoption: A Real Options Analysis. *IEEE Transactions on Engineering Management* 56(4):650-662
- Loch und Bode-Greuel (2001) Evaluating growth options as sources of value for pharmaceutical research projects. *R&D Management* 31(2):231-248
- Luenberger DG (2002) Arbitrage and Universal Pricing. *Journal of Economic Dynamics & Control* 26(9/10):1613-1628
- Mahajan V, Muller E, Bass F (1993) New-Product Diffusion Models. In: Eliashberg J, Lilien GL (Hrsg) *Handbooks of Operations Research and Management Science – Marketing*, 349-408
- Maklan S, Knox S, Ryals L (2005) Using Real Options to Help Build the Business Case for CRM Investment. *Long Range Planning* 38(4):393-410
- Margrabe W (1978) The Value of an Option to Exchange one Asset for Another. *Journal of Finance* 36(1):177-186
- Mertens P, Bodendorf F, König W, Picot A, Schumann M, Hess T (2010) *Grundzüge der Wirtschaftsinformatik*. 10. Auflage, Springer, Heidelberg, Deutschland
- Merton RC (1973) Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science* 4(1):141-183
- Merton RC (1976) Option Pricing when Underlying Stock Returns are Discontinuous. *Journal of Financial Economics* 3(1-2):125-144
- Miller L, Choi SH, Park CS (2004) Using an Options Approach to Evaluate Korean Information Technology Infrastructure. *The Engineering Economist* 49(3):199-219
- Morgenstern O, Neumann J (1944) *Theory of Games and Economic Behavior*. 1. Auflage, Princeton University Press, New Jersey, USA
- Myers SC (1974) Interactions of corporate finance and investment decisions – implications for capital budgeting. *Journal of Finance* 29(1):1-25
- Panayi S, Trigeorgis L (1998) Multi-Stage Real Options: The Cases of Information Technology Infrastructure and International Bank Expansion. *The Quarterly Review of Economics and Finance* 38(3):675-692
- Perlitz M, Peske T, Schrank R (1999) Real options valuation: the new frontier in R&D project evaluation?. *R&D Management* 29(3):255-270

-
- Perridon L, Steiner M, Rathgeber AW (2009) Finanzwirtschaft der Unternehmung. 15. Auflage, Vahlen, München, Deutschland
- Pfeiffer HKC (1992) The Diffusion of Electronic Data Interchange. 1. Auflage, Physica-Verlag, Heidelberg, Deutschland
- Santhanam R, Kyparisis GJ (1996) A Decision Model for Interdependent Information System Project Selection. *European Journal of Operational Research* 89(2):380-399
- Schneeweiß H (1967) Entscheidungskriterien bei Risiko. 1. Auflage, Springer, Berlin, Deutschland
- Schwartz ES, Zozaya-Gorostiza C (2003) Investment Under Uncertainty in Information Technology: Acquisition and Development Projects. *Management Science* 49(1):57-70
- Sick G (2001) Real Options. In: Jarrow RA, Maksimovic V, Ziemba WT (Hrsg) *Handbooks of Operations Research and Management Science – Finance*, 631-691
- Singh C, Shelor R, Jiang J, Klein G (2004) Rental software valuation in IT investment decisions. *Decision Support Systems* 38(1):115-130
- Smith JE, Nau RF (1995) Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis. *Management Science* 41(5):795-816
- Tao C, Jinlong Z, Benhai Y, Shan L (2007) A Fuzzy Group Decision Approach to Real Option Valuation. *Rough Sets, Fuzzy Sets, Data Mining and Granular Computing - Lecture Notes in Computer Science* 4482:103-110
- Taudes A (1998) Software Growth Options. *Journal of Management Information Systems* 15(1):165-185
- Taudes A, Feurstein M, Mild A (2000) Options Analysis of Software Platform Decisions: A Case Study. *MIS Quarterly* 24(2):227-243
- Tiwana A, Keil M, Fichman RG (2006) Information Systems Project Continuation in Escalation Situations: A Real Options Model. *Decision Sciences* 37(3):357-391
- Trigeorgis L (1996) *Real Options: Management Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. 1. Auflage, MIT Press, Cambridge, USA
- Vogel F (1997) *Beschreibende und schließende Statistik*. 10. Auflage, Oldenbourg, München, Deutschland

Webster J, Watson RT (2002) Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly* 26(2):xiii-xxiii

Wehrmann A, Zimmermann S (2005) Integrierte Ex-ante-Rendite-/ Risikobewertung von IT-Investitionen. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 47(4):247-257

Weill P, Ross JW (2004) *IT Governance: How Top Performers Manage IT Decision Rights for Superior Results*. 1. Auflage, Harvard Business School Press, Boston, USA

Wu F, Li HZ, Chu LK, Sculli D, Gao K (2009) An approach to the valuation and decision of ERP investment projects based on real options. *Annals of Operations Research* 168(1):181-203

Wu LC, Wu LH, Wen YF (2010) Interdisciplinary research of options theory and management information systems - Review, research issues, and suggestions for future research. *Industrial Management & Data Systems* 110(3):433-452

Zandi F, Tavana M (2011) A fuzzy goal programming model for strategic information technology investment assessment. *Benchmarking: An International Journal* 18(2):172-196

Zhu K (1999) *Evaluating Information Technology Investment: Cash Flows or Growth Options*. Workshop on Information Systems and Economics (WISE), Charlotte, USA

Zimmermann S (2008) Governance im IT-Portfoliomanagement – Ein Ansatz zur Berücksichtigung von Strategic Alignment bei der Bewertung von IT. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 50(5):357-365

IV Fazit und Ausblick

In diesem Kapitel werden in Abschnitt IV.1 zunächst die wesentlichen Erkenntnisse dieser Dissertationsschrift zusammengefasst und anschließend in Abschnitt IV.2 mögliche Anknüpfungspunkte für die weitere Forschung vorgestellt.

IV.1 Fazit

Das Ziel dieser Dissertationsschrift war es, einen Beitrag zur Bewertung von Handlungsflexibilität bei Prozess- und IT-Investitionen zu leisten. Hierzu wurde zunächst die Ebene *Geschäftsprozesse* fokussiert (Kapitel II) und untersucht, welchen ökonomischen Wert Handlungsflexibilität, die aus der Gestaltung flexibler Geschäftsprozesse resultiert, für Unternehmen besitzt. Anschließend wurden die Ebenen *Anwendungssysteme / Services* sowie *Infrastruktur* näher betrachtet (Kapitel III). Dabei wurde zunächst analysiert, inwiefern der Realloptionsansatz ein geeignetes Mittel zur Bewertung von Handlungsflexibilität bei IT-Investitionen, welche sich auf die genannten Ebenen beziehen, darstellen kann. Anschließend wurde aufgezeigt, wie sich intertemporale Abhängigkeiten bei IT-Investitionen als eine exemplarische Art von Handlungsflexibilität anhand eines erweiterten Optionsbewertungsverfahrens korrekt bewerten lassen. Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse der Dissertationsschrift noch einmal separat für jeden Abschnitt dargestellt:

- Kapitel II verfolgte das Ziel, den Wert von Handlungsflexibilität, welche im Rahmen der Ebene *Geschäftsprozesse* besteht, für Unternehmen zu ermitteln. Insbesondere wurde die Möglichkeit von Unternehmen betrachtet, einen alternativen Durchführungspfad für die Bearbeitung von Prozessinstanzen durch die Anbindung eines externen Dienstleisters zu schaffen, um Prozessauslastungsspitzen abfangen zu können. Aufgrund dieser Handlungsflexibilität besitzt ein Unternehmen für jede Prozessinstanz das Wahlrecht, diese entweder intern zu bearbeiten oder an den externen Dienstleister zur Bearbeitung auszulagern. In Kapitel II wurden dazu die folgenden Forschungsfragen beantwortet: Wie kann der Wert eines Prozessdurchlaufs in Abhängigkeit des gewählten Durchführungspfades bestimmt werden (F. 1.1)? Welchen Wert besitzt Handlungsflexibilität, welche durch einen alternativen Durchführungspfad bei Geschäftsprozessen entsteht, für Unternehmen (F. 1.2)? Um Forschungsfrage F. 1.2 zu beantworten und damit den Wert dieser Art von Handlungsflexibilität bestimmen zu können, wurden zunächst die Zahlungsströme bestimmt, die für die Bearbeitung von Prozessinstanzen abhängig vom gewählten Durchführungspfad anfallen. Als wesentliche

Einflussfaktoren für die Bestimmung der Zahlungsströme im Zusammenhang mit einer internen Bearbeitung wurde zum einen die Abwanderungsbereitschaft der Kunden, welche mit zunehmender Wartezeit steigt, und der damit verbundene monetäre Schaden identifiziert. Zum anderen wirken sich im Fall einer externen Durchführung insbesondere einmalige Anbindungskosten sowie höhere variable Bearbeitungskosten pro Prozessinstanz auf die Zahlungsströme aus. Insgesamt haben Unternehmen damit in Zeiten hoher Auslastung einen größeren Anreiz, Prozessinstanzen – trotz höherer variabler Kosten für die Bearbeitung – an einen externen Dienstleister auszulagern, um dem durch Wartezeiten entstehenden ökonomischen Schaden der Kundenabwanderung entgegenzuwirken. Mittels einer Simulation auf Basis von realen Daten aus der Versicherungsbranche wurde letztendlich der ökonomische Wertbeitrag dieser Handlungsflexibilität ermittelt sowie die praktische Anwendbarkeit des im Beitrag beschriebenen Vorgehens demonstriert.

- Ziel von Kapitel III war es, den ökonomischen Wert von Handlungsflexibilität im Kontext von IT-Investitionen, d.h. auf den Ebenen *Anwendungssoftware / Services* und *Infrastruktur*, zu bestimmen.

Dazu wurde in Beitrag 2 zunächst der Realoptionsansatz als Verfahren zur Bewertung von Handlungsflexibilität näher untersucht. Zur Bewertung von Realoptionen wird oftmals auf aus der Finanzwirtschaft bekannte Optionsbewertungsverfahren zurückgegriffen. Da diese jedoch auf kritischen Annahmen beruhen wurde die Frage aufgeworfen, inwiefern Optionsbewertungsverfahren zur Bewertung von Handlungsflexibilität bei IT-Investitionen geeignet sind. Mittels einer strukturierten Literaturrecherche wurden folgende Fragestellungen analysiert: Welche Arten von IT-Investitionen werden in der wissenschaftlichen Literatur anhand des Realoptionsansatzes monetär bewertet (F. 2.1)? Wie adressieren Autoren, die den Realoptionsansatz zur Bewertung von Handlungsflexibilität im Kontext von IT-Investitionen anwenden, die Annahmen dieser Verfahren im jeweiligen Bewertungskontext (F. 2.2)? Die Literaturrecherche ergab, dass in der wissenschaftlichen Literatur insbesondere Investitionen in Standardsoftware, in Individualsoftware (beide Ebene *Anwendungssoftware / Services*) sowie in neue Technologien (Ebene *Infrastruktur*) anhand des Realoptionsansatzes bewertet werden. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass ein Großteil der identifizierten Literatur sich der kritischen zugrundeliegenden Annahmen der verwendeten, meist traditionellen Optionsbewertungsverfahren bewusst ist. Dennoch ergab die Analyse, dass lediglich ein geringer Anteil der identifizierten Beiträge dies bei der Modellierung berücksichtigt.

Gleichzeitig ergab die Literaturrecherche, dass Erweiterungen der traditionellen Optionsbewertungsverfahren existieren, durch welche kritische Annahmen zum Teil relaxiert werden können. So wurde bspw. festgestellt, dass die Annahme des vollständigen Marktes insofern adressiert werden kann, als dass ein präferenzabhängiges Verfahren zur Berücksichtigung projektspezifischer Risiken angewendet wird (Balasubramanian et al. 2000; Diepold et al. 2011). Betrachtet man bspw. Investitionen in Individualsoftware, welche oft durch unsichere Auszahlungen gekennzeichnet sind, so findet in vielen Fällen das Modell von Margrabe (1978) Anwendung. Dieses auf dem Black-Scholes Modell basierende Modell ermöglicht es, unsichere Auszahlungen bei der Optionsbewertung zu berücksichtigen (Taudes 1998). Beitrag 2 kommt insgesamt zu dem Schluss, dass traditionelle Optionsbewertungsverfahren zur Bewertung von Handlungsflexibilität im Kontext von IT-Investitionen nicht unreflektiert angewendet werden dürfen. Vielmehr muss die zu bewertende Handlungsflexibilität im Kontext einer IT-Investition dahingehend analysiert werden, inwiefern deren Eigenschaften mit den Annahmen der Optionsbewertungsverfahren kompatibel sind und an welcher Stelle ggf. Erweiterungen zur Relaxierung kritischer Annahmen Anwendung finden müssen.

Eine mögliche Erweiterung des Black-Scholes Modells zur korrekten Bewertung von intertemporalen Abhängigkeiten, welche oftmals als Wachstumsoptionen modelliert werden, wurde in Beitrag 3 vorgestellt. Da traditionelle Optionsbewertungsverfahren nicht in der Lage sind, projektspezifische Risiken in der Investitionsentscheidung zu berücksichtigen, wurde aufgezeigt, wie sich diese speziellen Risiken auf den Wert einer IT-Investition auswirken können. In Beitrag 3 wurden dazu folgende Forschungsfragen beantwortet: Wie können projektspezifische Risiken im Rahmen der Bewertung von Handlungsflexibilität bei IT-Investitionen mittels des Black-Scholes Modells berücksichtigt werden (F. 2.3)? Wie wirken sich projektspezifische Risiken auf den Optionswert und damit auf die Investitionsentscheidung aus (F. 2.4)? Um sich diesen Fragestellungen zu nähern, wurde die Annahme getroffen, dass projektspezifische Risiken die Einzahlungen von IT-Investitionen beeinflussen, weshalb der Wert des Underlyings der Option einer Zufallsvariable entspricht. Durch diese Annahme und den ceteris paribus geltenden Wirkungszusammenhängen des Black-Scholes Modells konnte aufgezeigt werden, dass die Berücksichtigung projektspezifischer Risiken den Wert der Realoption und damit den Ertrag der IT-Investition im Vergleich zur Anwendung des traditionellen Black-Scholes Modells erhöht. Gleichzeitig wurde jedoch festgestellt, dass die

Berücksichtigung projektspezifischer Risiken zu einem unsicheren Ertrag führt. Da im Falle eines risikoneutralen Entscheiders diese Unsicherheit jedoch in der Investitionsentscheidung nicht berücksichtigt wird, begünstigt das hier beschriebene Vorgehen aufgrund des erhöhten Ertrags die Investitionsentscheidung.

In Beitrag 4 wurden die Ergebnisse aus Beitrag 3 aufgegriffen und folgende anknüpfende Forschungsfragen untersucht: Wie beeinflussen projektspezifische Risiken Ertrag und Risiko von IT-Investitionen (F. 2.5)? Wie wirken sich projektspezifische Risiken unter der Berücksichtigung der Risikoeinstellung des Entscheiders auf die Investitionsentscheidung aus (F. 2.6)? Wie lassen sich intertemporale Abhängigkeiten bei IT-Projekten in der Praxis bewerten (F. 2.7)? Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen wurde das Black-Scholes Modell um ein präferenzabhängiges Bewertungsverfahren erweitert, welches die Berücksichtigung projektspezifischer Risiken bei der Optionsbewertung zulässt. In einem nutzentheoretisch fundierten Entscheidungskalkül wurde anschließend neben dem unsicheren Ertrag und dem Risiko der Investition auch die Risikoeinstellung des Entscheiders zu einem Wertbeitrag der IT-Investition mitsamt der enthaltenen Handlungsflexibilität integriert. Abschließend wurde das entwickelte Verfahren im Rahmen eines Fallbeispiels einer deutschen Retail-Bank angewendet, wodurch sowohl die Anwendbarkeit als auch Implikationen für die Praxis aufgezeigt werden konnten.

IV.2 Ausblick

Aus den Limitationen der in dieser Dissertationsschrift enthaltenen Beiträge ergeben sich weiterführende Fragestellungen, welche zukünftigen Forschungsbedarf mit sich bringen.

In Kapitel II implizieren insbesondere drei Kernbereiche zukünftigen Forschungsbedarf hinsichtlich der Bewertung von Handlungsflexibilität im Kontext der Prozessgestaltung:

1. Im Rahmen des im Beitrag analysierten Geschäftsprozesses wird die Möglichkeit betrachtet, genau eine Prozessaktion an einen externen Dienstleister auszulagern. Auch wenn diese vereinfachte Vorgehensweise zur Illustration des grundlegenden Modells sinnvoll ist, sind Geschäftsprozesse in der Regel durch mehrere Aktionen gekennzeichnet. Folglich besteht auch an anderen Stellen im Prozess im Fall eines Arbeitsrückstands ggf. die Möglichkeit einer Auslagerung an einen externen Dienstleister. In zukünftigen Arbeiten sollte das vorgestellte Modell daher dahingehend erweitert werden, dass mehrere ausgelagerte Aktionen berücksichtigt werden können. Sollten unterschiedliche Dienstleister

für die verschiedenen auszulagernden Prozessaktionen in Betracht gezogen werden, so gilt es zudem ggf. existierende Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Dienstleistern bzw. Synergieeffekte bei der Modellierung zusätzlich zu berücksichtigen.

2. Die in Kapitel II dargestellte Vorgehensweise, Handlungsflexibilität durch einen alternativen Durchführungspfad zu schaffen, ist nur eine von vielen Möglichkeiten, Geschäftsprozesse zu flexibilisieren. Alternativ könnten Unternehmen bspw. dazu übergehen, Prozessinstanzen automatisiert bearbeiten zu lassen (vgl. Braunwarth et al. 2010) oder eine flexible Kapazitätsplanung einzuführen (vgl. Dorsch und Häckel 2012). Ein Vergleich bzw. eine Bewertung dieser alternativen Möglichkeiten zur Schaffung von Handlungsflexibilität stellt eine relevante Fragestellung für weitere Forschungsarbeiten dar.
3. Da das im Beitrag vorgestellte Modell sehr stark von den Ankunftszeitpunkten zukünftiger Prozessinstanzen und dem damit verbundenen Arbeitsrückstand abhängt, wurde der Wert der Handlungsflexibilität mittels einer Simulation bestimmt. Dabei wurden auf Basis historischer Daten zukünftige Ankunftszeitpunkte prognostiziert und simuliert. Es existieren jedoch bereits erste Ansätze zur Bewertung dieser Art von Handlungsflexibilität anhand des Realoptionsansatzes (vgl. Benaroch et al. 2010). Diese Ansätze sind allerdings bislang noch nicht in der Lage, den monetären Schaden der Abwanderungsbereitschaft in Abhängigkeit von der Wartezeit der Kunden adäquat in der Bewertung zu berücksichtigen. Zukünftige Forschungsarbeiten könnten dementsprechend darauf abzielen, auch diese Art von Handlungsflexibilität anhand des Realoptionsansatzes zu bewerten.

Auf Basis von Kapitel III lassen sich hinsichtlich der Bewertung von Handlungsflexibilität im Kontext von IT-Investitionen folgende Fragestellungen für zukünftige Forschungsarbeiten ableiten:

4. Die strukturierte Literaturanalyse im ersten Beitrag von Kapitel III beschränkt sich auf Literatur aus dem Fachgebiet der Wirtschaftsinformatik, was im Rahmen der dort durchgeführten Analyse auch sinnvoll erscheint. Allerdings wird der Realoptionsansatz auch zur Bewertung von anderen illiquiden Bewertungsgegenständen wie bspw. von Immobilien (u. a. Quigg 1993; Titman 1985; Williams 1991) oder Forschungs- und Entwicklungsprojekten insbesondere im Pharmabereich (u. a. Bowman und Moskowitz 2001; Otto 1998; Perlitz et al. 1999) angewendet. Bei den genannten Anwendungsgebieten handelt es sich ebenfalls um nicht handelbare und risikobehaftete Investitionen. Zukünftige Forschungsarbeiten, die sich mit der Zulässigkeit der Anwendung des Realoptionsansatzes beschäftigen, sollten daher auch diese Anwendungsgebiete untersuchen, um

Gemeinsamkeiten und Unterschiede hinsichtlich des Umgangs mit kritischen Annahmen herauszuarbeiten und daraus ggf. Rückschlüsse auf die Bewertung von IT-Investitionen ziehen zu können.

5. Im Rahmen von Beitrag 2 wurden bei der Literaturrecherche Erweiterungen von traditionellen Optionsbewertungsverfahren identifiziert, die darauf abzielen, vereinzelte Annahmen zu relaxieren. Diese Erweiterungen wurden in diesem Beitrag jedoch nicht weiter vertieft. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten daher an diesem Punkt ansetzen und gezielt analysieren, was für andere Erweiterungen von Optionsbewertungsverfahren existieren, welche die im Kontext von IT-Investitionen restriktiven Annahmen relaxieren können. Dabei scheint es sinnvoll, methodisch orientierte Zeitschriften und Beiträge auch aus anderen Domänen (wie bspw. der Finanzmathematik) in die Literaturrecherche einzubeziehen, um in der Wirtschaftsinformatik von ggf. übertragbaren Erkenntnissen aus anderen Domänen profitieren zu können.
6. In den Beiträgen 3 und 4 wurde durch die Berücksichtigung der projektspezifischen Risiken mittels eines präferenzabhängigen Bewertungsverfahrens der Verletzung der Annahme des vollständigen Marktes entgegengewirkt. Allerdings existieren neben der Annahme des vollständigen Marktes weitere kritische Annahmen, die in diesen Beiträgen im ersten Schritt noch nicht berücksichtigt wurden. So basieren die Optionsbewertungsverfahren beider Beiträge auf dem Black-Scholes Modell und unterstellen somit sichere Auszahlungen für die Investition. Weitere Forschungsarbeiten sollten deshalb darauf abzielen, mehrere kritische Annahmen zugleich – falls möglich durch Kombination mehrerer existierender partieller Erweiterungen der traditionellen Optionsbewertungsverfahren – zu relaxieren und dadurch zu insgesamt besser geeigneten Bewertungsverfahren von Handlungsflexibilität bei IT-Investitionen zu kommen.
7. Um die Auswirkungen projektspezifischer Risiken im Kontext von IT-Investitionen auf die Investitionsentscheidung sinnvoll erläutern zu können, wurde in den Beiträgen 3 und 4 in vereinfachender Weise lediglich eine Wachstumsoption betrachtet. Tatsächlich existieren jedoch meist mehrere Realloptionen zeitgleich, die verschiedene Handlungsalternativen repräsentieren (vgl. Bardhan et al. 2004; Taudes et al. 2000). Die Bewertung mehrerer Realloptionen birgt jedoch die Herausforderung, Abhängigkeiten zwischen den Optionen zu berücksichtigen: Handelt es sich bspw. um sogenannte zusammengesetzte Optionen („compound options“), d.h. um Optionen auf Optionen, müsste auf kompliziertere Modelle (wie bspw. Modelle von Carr (1988) oder Geske (1979)) zurückgegriffen werden. Es

können jedoch neben der genannten auch weitere Abhängigkeiten zwischen den Optionen bestehen: Haben bspw. eine Abbruchoption sowie eine Erweiterungsoption dieselbe Laufzeit, so erscheint es aus Sicht des Entscheiders wenig sinnvoll, beide Optionswerte zu addieren, da sich das Unternehmen zu diesem Zeitpunkt nur für eine der beiden Alternativen entscheiden wird (vgl. Trigeorgis 1993). Derartige Komplexitäten gilt es bei der Weiterentwicklung von Ansätzen zur Bewertung von mehreren Arten von Handlungsflexibilität im Kontext von IT-Investitionen zu berücksichtigen.

Neben diesen spezifischen Ansatzpunkten für weitere Forschungsarbeiten besteht weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Bewertung von Handlungsflexibilität bei Prozess- oder IT-Investitionen. Einer Studie des IT Governance Institute zufolge wird ca. jede fünfte IT-Investition vor erfolgreicher Implementierung abgebrochen (ITGI 2011). Hauptgründe für diese hohen Abbruchraten sind über den Projektverlauf hinweg entstehende Risiken, die zu Budgetüberschreitungen, zeitlichen Verzögerungen sowie der nachträglichen Erkenntnis führen, dass erhoffte Ergebnisse nicht erreicht werden können (ITGI 2011). Empirische Untersuchungen kommen dabei zu dem Ergebnis, dass viele dieser Risiken erst im Projektverlauf entstehen bzw. bekannt werden (Cerpa und Verner 2009). Damit ist eine ex ante Bewertung von IT-Investitionen und der damit verbundenen Handlungsflexibilität, wie diese auch in dieser Dissertationsschrift vorgeschlagen wird, allein nicht ausreichend. Handlungsflexibilität besteht meist erst während der Laufzeit von IT-Projekten, wird jedoch bereits zum Entscheidungszeitpunkt, d.h. vor dem Beginn von IT-Projekten, auf Basis von zu diesem Zeitpunkt aktuellen Informationen bewertet. Mögliche Veränderungen dieses Wertes über den Zeitablauf werden bislang jedoch nicht betrachtet. Daher ist eine laufende Projektkontrolle und -steuerung notwendig, die neben der Entwicklung des Projektwerts auch die Entwicklung des Wertes von Handlungsflexibilität über den Zeitverlauf gewährleistet. Die Verknüpfung von ex ante Bewertungen mit Methoden der kontinuierlichen Projektkontrolle und -steuerung stellt daher weiteren wichtigen künftigen Forschungsbedarf dar.

IV.3 Literatur

Balasubramanian P, Kulatilaka N, Storck J (2000) Managing information technology investments using a real-options approach. *Journal of Strategic Information Systems* 9(1):39-62

Bardhan I, Bagchi S, Sougstad R (2004) Prioritizing a Portfolio of Information Technology Investment Projects. *Journal of Management Information Systems* 21(2):33-60

-
- Benaroch M, Dai Q, Kauffman RJ (2010) Should We Go Our Own Way? Backsourcing Flexibility in IT Services Contracts. *Journal of Management Information Systems* 26(4):317-358
- Bowman EH, Moskowitz GT (2001) Real Options Analysis and Strategic Decision Making. *Organization Science* 12(6):772-777
- Braunwarth K, Kaiser M, Müller AL (2010) Economic Evaluation and Optimization of the Degree of Automation in Insurance Processes. *Business & Information Systems Engineering* 2(1):29-39
- Carr P (1988) The Valuation of Sequential Exchange Opportunities. *Journal of Finance* 43(5):1235-1256
- Cerpa N, Verner JM (2009) Why did your Project fail? *Communications of the ACM* 52(12):130-134
- Diepold D, Ullrich C, Wehrmann A, Zimmermann S (2011) Bewertung intertemporaler Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten - Anwendung eines realoptionsbasierten Ansatzes unter Berücksichtigung projektspezifischer Risiken. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 81(7):805-831
- Dorsch C, Häckel BS (2012) An EA-Based Approach to Valuate Enterprise Transformation: The Case of IS Investments Enabling On Demand Integration of Service Providers. *Proceedings of the 20th European Conference on Information Systems (ECIS), Barcelona, Spanien*
- Geske R (1979) The Valuation of Compound Options. *Journal of Financial Economics* 7(1):63-81
- ITGI (2011) Global Status Report on the Governance of Enterprise IT (GEIT). <http://www.isaca.org/Knowledge-Center/Research/Documents/Global-Status-Report-GEIT-10Jan2011-Research.pdf>, Abruf am 05.06.2013
- Margrabe W (1978) The Value of an Option to Exchange one Asset for Another. *Journal of Finance* 36(1):177-186
- Otto RE (1998) Valuation of Internal Growth Opportunities - The Case of a Biotechnology Company. *The Quarterly Review of Economics and Finance* 38(3):615-633
- Perlitz M, Peske T, Schrank R (1999) Real options valuation: the new frontier in R&D project evaluation?. *R&D Management* 29(3):255-270

-
- Quigg L (1993) Empirical Testing of Real Option-Pricing Models. *Journal of Finance* 48(2):621-640
- Taudes A (1998) Software Growth Options. *Journal of Management Information Systems* 15(1):165-185
- Taudes A, Feurstein M, Mild A (2000) Options Analysis of Software Platform Decisions: A Case Study. *MIS Quarterly* 24(2):227-243
- Titman S (1985) Urban Land Prices Under Uncertainty. *American Economic Review* 75(3):505-514
- Trigeorgis L (1993). The Nature of Option Interactions and the Valuation of Investments with Multiple Real Options. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 28(1):1-20
- Williams JT (1991) Real Estate Development as an Option. *Journal of Real Estate Finance and Economics* 4(2):191-208