



Universität Augsburg
Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl
Kernkompetenzzentrum
Finanz- & Informationsmanagement
Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik,
Informations- & Finanzmanagement

UNIA
Universität
Augsburg
University

Diskussionspapier WI-279

**Bewertung intertemporaler Abhängigkeiten zwischen
IT-Projekten
Ein realoptionsbasierter Ansatz für ein wertorientiertes
IT-Portfoliomanagement**

von

Dennis Diepold, Christian Ullrich, Alexander Wehrmann¹, Steffen Zimmermann²

in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 81 (2011) 7, S. 805-831

¹ Senacor Technologies AG, Nürnberg

² Institut für Wirtschaftsinformatik, Produktionswirtschaft
und Logistik, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck

Bewertung intertemporalen Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten

Anwendung eines realoptionsbasierten Ansatzes unter Berücksichtigung projektspezifischer Risiken

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.

Schlüsselwörter:

Realoptionen, Black-Scholes-Modell, Projektspezifisches Risiko, Teilweise vollständiger Markt

1 Einleitung

Da sich die Erkenntnis durchgesetzt hat, dass Unternehmen mit einer effizienten IT-Governance deutlich höhere Gewinne erzielen als vergleichbare Unternehmen (Weill/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/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 Abhängigkeiten¹ werden vielfach als Realloptionen modelliert. Zur Bewertung derartiger Realloptionen 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 Realloption mehr möglich ist, wird ferner ein allgemeines Vorgehen zur ertrags-/risikointegrierten und damit präferenzabhängigen Ermittlung des Realloptionswerts vorgeschlagen. Abschließend wird erstmalig im Rahmen eines realen Fallbei-

spiels illustriert, wie das BSM bei der Existenz eines teilweise vollständigen Markts zur 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.

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 durchzuführen². 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 („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/Kopel 2003, S. 55). In der Realloptionsliteratur 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/Schwartz 1985 oder Cortazar/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 Risiken³) 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 Realloptionswert 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/Nau 1995, S. 807; Copeland/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 projektspezifischer Risiken und dadurch die Ermittlung eines eindeutigen Realoptionswerts zu ermöglichen.

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 Markt⁴. 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 („Quadrant 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.

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.

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/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/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 („ideosyncratic 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.

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.

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 Abb. 4 im Anhang) 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.

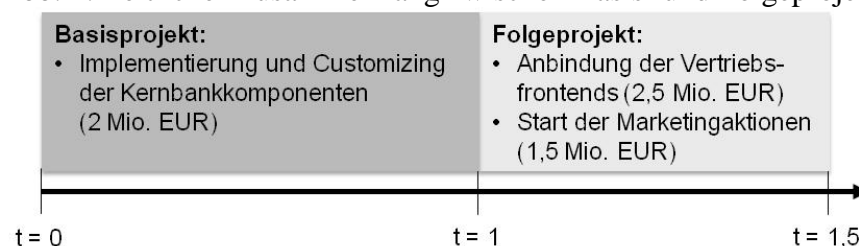
Das gleichzeitige Ändern der IT-Architektur über alle Ebenen (Frontend, Middleware und Backend) ist bei kleinen Änderungen durchaus üblich (bspw. die Anpassung auf Basis gesetzlicher Vorgaben). Bei größeren Änderungen wie der hier beschriebenen, werden jedoch zunächst nur die Backendsysteme angepasst. 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 einem 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. Abb. 1 illustriert die anfallenden barwertigen Auszahlungen von Basis- und Folgeprojekt im zeitlichen Zusammenhang:

Abb. 1: 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.

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.

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 duplizieren⁵. Das aus solchen Zufallsereignissen resultierende Marktrisiko des Folgeprojekts kann durch

einen stochastischen Prozess (geometrische brown'sche Bewegung) über die Optionslaufzeit abgebildet werden⁶ 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:

- **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 duplizierbar⁷. 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.

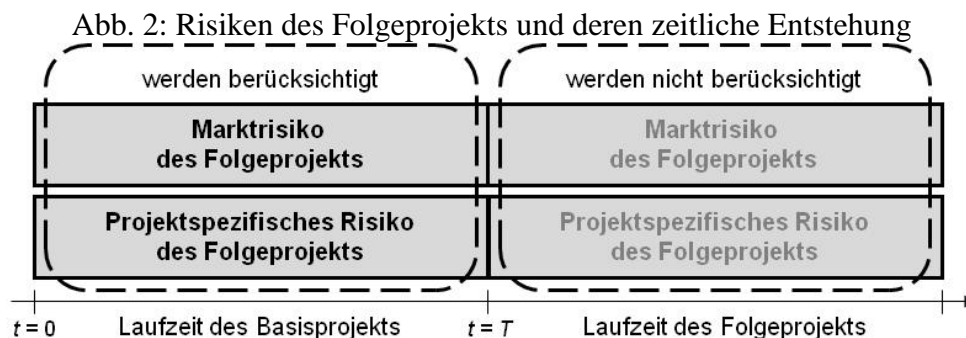
Darüber hinaus existieren in der Realität natürlich auch Risiken (Marktrisiko und projektspezifisches Risiko) des Folgeprojekts, die aus Zufallsereignissen *während der Laufzeit des Folgeprojekts* resultieren. Da diese Risiken jedoch erst nach der Ausübung der Option realisiert werden, wird davon wie 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) sicherzustellen⁸.

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 Abb 2. nochmals zusammengefasst.



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 getroffen⁹:

A4: Die barwertigen Auszahlungen des Folgeprojekts X_0 sind zum Zeitpunkt $t = 0$ bekannt und sicher¹⁰.

Das vorgestellte Annahmengerüst ist somit konsistent zu den Annahmen der klassischen Realloptionstheorie (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 verglichen¹¹. 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.

3.2 Auswirkungen des projektspezifischen Risikos auf Ertrag und Risiko der Wachstumsoption und des Basisprojekts

Der Wert des Basisprojekts entspricht bei Anwendung des klassischen Realloptionsansatzes 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-Funktion¹² $c(s)$ entspricht der 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 Realoptionsansatzes 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 Abb. 3 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. 3: Auswirkungen des projektspezifischen Risikos auf den Optionswert

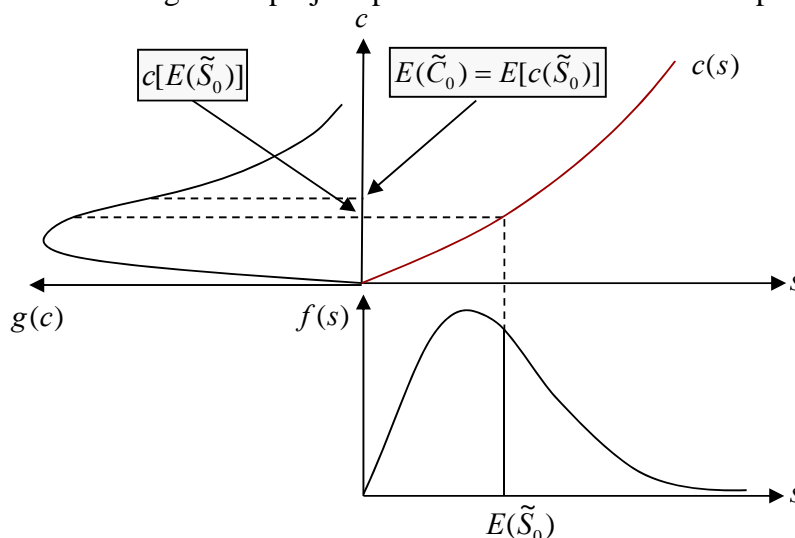


Abb. 3 veranschaulicht außerdem die Auswirkungen der Jensen'schen Ungleichung: Aufgrund der Konvexität von $c(s)$ wird die Dichtefunktion des Underlyings $f(s)$ für kleine s_i stärker gestaucht als für große s_i , womit $g(c)$ eine größere Schiefe¹³ aufweist als $f(s)$. Da die kumulierte Wahrscheinlichkeit 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 Realloptionsansatzes 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 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.

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 Re-

aloption verbundene, nicht duplizierbare, projektspezifische Risiko – gemäß der Risikopräferenz des Entscheiders – zu berücksichtigen (Hubalek/Schachermayer 2000, S. 362). Dazu ist eine Präferenzfunktion¹⁴ notwendig. Da ein Entscheider in der Regel versucht, seinen erwarteten Nutzen zu maximieren, ist eine Präferenzfunktion zu wählen, die mit dem Bernoulli-Prinzip¹⁵ 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/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/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 Präferenzfunktion¹⁶ hängt aber insbesondere vom gewählten Risikomaß, von der 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 $E(E\tilde{NPV})$ 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.

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 prognosti-

ziert. 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. Tab. 1).

Tab. 1: Bestimmung des Erwartungswerts der barwertigen Einzahlungen

Szenario	Barwert der Einzahlungen des Folgeprojekts (s_i)	Eintrittswahrscheinlichkeit (p_i)	Erwartungswert der barw. Einz. ($E(\tilde{S}_0)$)
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 Realloptionsansatzes 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. Tab. 2).

Tab. 2: Bestimmung des erwarteten Optionswerts¹⁷

Szenario	Barwert der Einzahlungen des Folgeprojekts (s_i)	Optionswert ($c(s_i)$)	Erwarteter Optionswert ($E(c(\tilde{S}_0))$)
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:

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

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/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 2005, 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 $R = \tilde{ENPV}$ 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:

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

In Tab. 3 sind die möglichen Ausprägungen $enpv_i$ des Werts des Basisprojekts \tilde{ENPV} dargestellt:

Tab. 3: Bestimmung des Werts des Basisprojekts

Szenario	Isolierter Kapitalwert (<i>NPV</i>)	Optionswert (<i>c(s_i)</i>)	Wert des Basisprojekts (<i>enpv_i</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 Tab. 3 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/Coenenberg 2006, S. 107):

$$(9) \quad \Phi(E\tilde{NPV}) = E(E\tilde{NPV}) - \lambda LPM_1(0; E\tilde{NPV})^{18}$$

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/Weber 1999, S. 247; Bamberg/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:

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

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.

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/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.

Anmerkungen

¹ 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.

² Zur Definition einer Realoption vgl. Trigeorgis (1996, S. 1) oder Copeland und Antikarov (2003, S. 5).

³ 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/Nau 1995), „technological uncertainty“ (Copeland/Antikarov 2003) oder „idiosyncratic risks“ (Taudes et al. 2000) bezeichnet.

⁴ 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.“

⁵ 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.

⁶ Eine Reihe an Veröffentlichungen und empirischen Studien (e.g. Bethuynne 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).

⁷ 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.

⁸ 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.

⁹ 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.

¹⁰ 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.

¹¹ Für eine Zusammenfassung der verwendeten Notation, siehe Tab. 4 im Anhang.

¹² Die Black-Scholes-Funktion zur Bewertung von Call-Optionen $c(s)$ ist wie folgt definiert (Black/Scholes 1973):

$$c(s) = SN(d_1) - Xe^{-rT}N(d_2)$$
$$\text{mit } d_1 = \frac{\ln \frac{S}{X} + (r + 0,5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} \text{ und } d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

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

¹³ Die Schiefe $\nu(X)$ einer Zufallsvariablen X ist folgendermaßen definiert (vgl. Vogel 1997, S. 122):

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

¹⁴ Unterschiedliche Präferenzfunktionen werden bspw. in Elton et al. (2007) diskutiert.

¹⁵ Gemäß dem Bernoulli-Prinzip gilt für die Präferenzfunktion $\varphi(s) = E(u(s))$, 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).

¹⁶ 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.

¹⁷ 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_t) 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 Folge-

projekts (d.h. Ausübung der Option) entschieden, da zu diesem Zeitpunkt aufgrund der oben erwähnten „boundary condition“ gilt: $c(s_3) = \max(0; s_3 - X)$.

¹⁸ 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.

Literaturverzeichnis:

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

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

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

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

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*)

Bethuyn G (2002) The Timing of Technology Adoption by a Cost-Minimizing Firm. *Journal of Economics* 76(2):123-154

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

Brennan MJ, Schwartz ES (1985) Evaluating Natural Resource Investments. *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

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

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

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*. 1. Auflage, Springer, Berlin, S 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/Cost Perspective. In: Newell S, Whitley E, Pouloudi N, Wareham J, Mathiassen L (Hrsg) Proceedings of the 17th European Conference on Information Systems (ECIS), Verona, S 1654-1665

Dos Santos BL (1991) Justifying Investments in new Information Technologies. Journal of Management Information Systems 7(4):71-90

Eisenführ F, Weber M (1999) Rationales Entscheiden. 3. Auflage, Springer, Heidelberg

Elton EJ, Gruber MJ, Brown SJ, Goetzmann WN (2007) Modern Portfolio Theory and Investment Analysis. 7. Auflage, Wiley, Hoboken

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

Fishburn PC (1977) Mean Risk Analysis with Risk Associated with Below Target Returns. American Economic Review 67(2):116-126

Henrich A (2002) Management von Softwareprojekten. 1. Auflage, Oldenbourg, München

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

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

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

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

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) Handbook of Operations Research and Management Science – Marketing, Amsterdam, S 349-408

Margrabe W (1978) The Value of an Option to Exchange one Asset for another. The Journal of Finance 33(1):177-186

Morgenstern O, Neumann J (1944) Theory of Games and Economic Behavior. 1. Auflage, Princeton University Press, New Jersey

Pfeiffer HKC (1992) The Diffusion of Electronic Data Interchange. 1. Auflage, Physica-Verlag, Heidelberg

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

Sick G (2001) Real Options. In: Jarrow RA, Maksimovic V, Ziemba WT (Hrsg) Handbooks of Operations Research and Management Science – Finance, Amsterdam, S 631-691

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

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

Trigeorgis L (1996) Real Options. 1. Auflage, MIT Press, Cambridge

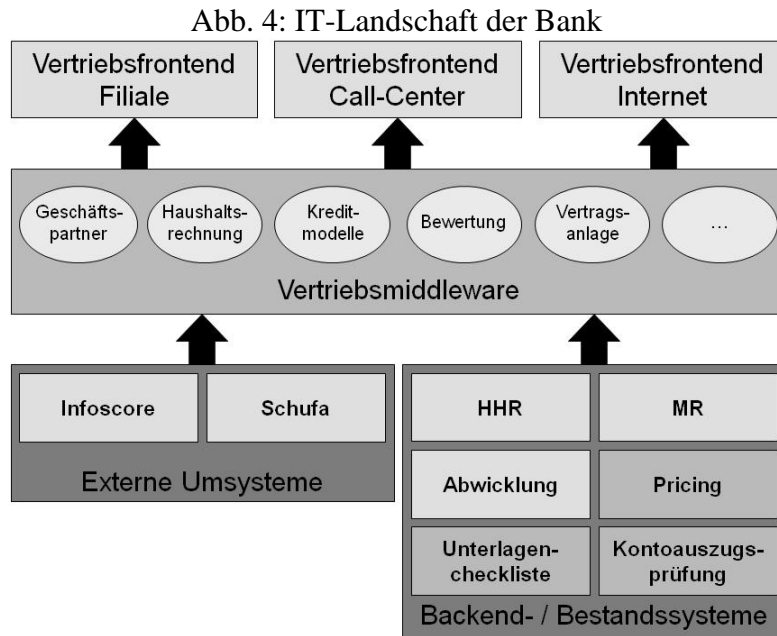
Vogel F (1997) Beschreibende und schließende Statistik. 10. Auflage, Oldenbourg, München

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

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

Anhang:



Tab. 4: Notation

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

Valuation of Intertemporal Interdependencies among IT Projects

Application of a real option based approach considering project specific risks.

Abstract:

Companies often decide in favour of IT investments (especially IT infrastructure investments) only because these investments build the foundation for more lucrative follow-up investments. Those intertemporal interdependencies among IT projects have to be considered within the scope of a value-based IT portfolio management. Therefore, current literature suggests the use of real options analysis – and therefore the application of option pricing models such as the Binomial Model or the Black-Scholes-Model. Both models require a complete market. However, because IT projects are characterized by project specific risks, which cannot be duplicated on a capital market, the forthright application of these models is problematic. This issue has been addressed within the scope of the discrete Binomial Model so far. In this paper we transfer these findings to the Black-Scholes-Model. Furthermore, we apply this approach to a real case and illustrate how a correct consideration of project specific risks using the Black-Scholes-Model can affect investment decisions.