

Diskussionspapier

## Lieferantenportfolio-Management für IT-Services unter Berücksichtigung von Diversifikationseffekten

von

Florian Probst, Hans Ulrich Buhl



Europäische Union  
„Investition in Ihre Zukunft“  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung

in: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 54 (2012) 2, S. 69-81

This article also appeared in: Business & Information Systems Engineering, 4, 2,  
2012, p. 71-83

The final publication is available at:

<http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1176&context=bise>

# Lieferantenportfolio-Management für IT-Services unter Berücksichtigung von Diversifikationseffekten

**Zusammenfassung** Serviceorientierte Architekturen ermöglichen, dass die IT-Unterstützung von Prozessen als Portfolio aus einzelnen IT-Services verschiedener Lieferanten entworfen werden kann. Die Gestaltung der Prozesse erfolgt dabei durch Auswahlentscheidungen zwischen potenziell einzubeziehenden IT-Services. Dabei werden in vielen Unternehmen in immer kürzeren Abständen eine Vielzahl von Anforderungen zur Investition in IT-Services formuliert. Allerdings übersteigt der Umfang der gewünschten Investitionen i.d.R. das zur Verfügung stehende Budget. Somit stehen Unternehmen vor der Herausforderung, das begrenzte Budget auf die Investitionen in die erfolgversprechendste Kombination aus IT-Services zu allokkieren. Dies ist jedoch ohne methodische Unterstützung kaum möglich. Zudem erfolgt die Allokation oftmals intuitiv und in Abhängigkeit von der IT-Affinität der Entscheidungsträger. Deshalb wird ein quantitatives, mehrperiodiges Vorgehensmodell zur Maximierung des Unternehmenswertes im Sinne einer wertorientierten Unternehmensführung entwickelt, das die Abhängigkeiten der periodischen Auswahlentscheidungen berücksichtigt. Anschließend wird ein Entscheidungskalkül zur heuristischen Lösung des Auswahlproblems vorgestellt und die Anwendung an einem Fallbeispiel veranschaulicht.

**Stichworte** IT-Services, Portfolio-Management, Serviceorientierte Architekturen, Budgetrestriktion, Entscheidungskalkül, Wertorientierte Unternehmensführung

## Supplier Portfolio Management for IT Services Considering Diversification Effects

**Abstract** By means of service-oriented architectures the IT support of processes can be designed as a portfolio of individual IT services provided by different suppliers. The processes are designed based on selection decisions between IT services that potentially have to be included. Many companies formulate a multitude of requirements for investments in IT services at ever shorter intervals. However, the scope of the desired investments usually exceeds the available budget. Thus, companies face the challenge of allocating the limited budget to investments in the most promising combination of IT services. This is hardly possible without methodical support. In addition, the allocation is often done intuitively and subject to the decision-makers' affinity with IT. Therefore, this paper develops a quantitative, multi-period procedure model for the purpose of maximizing the enterprise value in

accordance with value based management, which considers the dependencies of the periodical selection decisions. In the following, a decision logic for the heuristic solution to the selection problem is presented and its application is demonstrated by means of an illustrative case example.

**Keywords** IT Services, Portfolio Management, Service Oriented Architectures, Budget Constraints, Decision Logic, Value Based Management

**Vorspann** Mittels serviceorientierter Architekturen soll u.a. steigenden Anforderungen an eine bedarfsorientierte und flexible IT-Landschaft nachgekommen werden. Dabei kann die IT-Unterstützung von Prozessen als Portfolio einzelner IT-Services entworfen werden. Die Gestaltung der Prozesse erfolgt durch Auswahlentscheidungen zwischen potenziell einzubeziehenden IT-Services verschiedener Lieferanten. Der Umfang der formulierten Anforderungen zur Investition in IT-Services überschreitet jedoch i.d.R. das zur Verfügung stehende Budget. Somit stehen Unternehmen vor der Herausforderung, das Budget auf die Investitionen in die erfolgsversprechendste Kombination aus IT-Services zu allokatieren. Im Beitrag wird hierzu ein Vorgehensmodell zur wertorientierten Unternehmensführung entwickelt, das Abhängigkeiten zwischen den Auswahlentscheidungen berücksichtigt. Anschließend wird ein Entscheidungskalkül zur heuristischen Lösung vorgestellt und die Anwendung an einem Fallbeispiel veranschaulicht.

### **Danksagung**

Dieser Artikel wurde durch die DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) im Rahmen des Projekts „IT-Portfoliomanagement (ITPM)“ (BU 809/10-1) gefördert. Wir danken an dieser Stelle für die Unterstützung. Besonderer Dank gilt zudem Frau Dr. Kathrin Susanne Braunwarth für Ihre wertvollen Anmerkungen und Ideen bezüglich einer früheren Version dieses Artikels.

## 1 Einleitung

In den letzten Jahren haben Unternehmen vermehrt ihre IT-Landschaft mit Hilfe von serviceorientierten Architekturen (SOA) neu gestaltet (Pahlke et al. 2010, S. 299). Mit deren Hilfe sollen u.a. eine höhere Kundenorientierung durch Individualisierung sowie gesteigerte Flexibilität durch Standardisierung erzielt werden (Gebauer und Lee 2008, S. 73; Gebauer und Schober 2006, S. 128; Singh und Huhns 2005, S. 78). Hierzu ermöglichen SOA, dass die Unterstützung einzelner Prozessaktionen durch IT-Services als IT-Service-Portfolio (ITSP) konzipiert werden kann. Ein ITSP bezeichnet dabei eine Menge an IT-Services, die zu einem Zeitpunkt bzw. in einer Zeitspanne basierend auf einer spezifischen Infrastruktur zur Unterstützung von Prozessaktionen zu verwenden ist (vom Brocke und Sonnenberg 2007, S. 187). Dabei kapselt ein IT-Service einen bestimmten Umfang an Funktionalität (zur Granularität von IT-Services in SOA vgl. z.B. Braunwarth und Friedl 2010; Rud et al. 2007) und stellt diesen über definierte Schnittstellen wiederverwendbar zur Verfügung (Erl 2005, S. 384 ff.; Krafzig et al. 2007, S. 60; Singh und Huhns 2005, S. 76 ff.; Papazoglou 2003). SOA ermöglichen somit, Prozessaktionen durch IT-Services mehrerer interner oder externer IT-Dienstleister zu unterstützen (Braunwarth und Heinrich 2008, S. 100; Papazoglou 2003; Reichmayr 2003, S. 99 ff.; vom Brocke et al. 2009, S. 265). Die Gestaltung der Prozesse erfolgt dabei durch die Zusammensetzung des ITSP, d.h. hauptsächlich durch Auswahlentscheidungen zwischen potenziell einzubeziehenden IT-Services (Schelp und Winter 2007, S. 1; Singh und Huhns 2005, S. 79; vom Brocke und Sonnenberg 2007, S. 188; vom Brocke et al. 2009, S. 266). Auf Grund der Notwendigkeit, fortwährend und dynamisch auf z.B. sich ändernde Bedürfnisse der Kunden, Entwicklungen der Märkte und Technologien sowie Vorgaben des Gesetzgebers zu reagieren (Setzer et al. 2008), werden hierzu in vielen Unternehmen in immer kürzeren Abständen eine Vielzahl von Anforderungen zur Investition in IT-Services formuliert (Brandl et al. 2007, S. 92; Kontogiannis et al. 2007, S. 5). Somit entsteht nicht nur ein steigender Zeitdruck bei der Investitionsbewertung und Implementierung von IT-Services, sondern auch „eine Vielzahl an Gestaltungsalternativen [...], deren ökonomische Konsequenzen ohne methodische Unterstützung kaum mehr rational abgeschätzt werden können“ (vom Brocke et al. 2009, S. 261). Zudem übersteigt der Umfang der gewünschten Investitionen in IT-Services i.d.R. das zur Verfügung stehende Budget, welches durch monetäre und nicht monetäre Restriktionen, wie z.B. knappe Personal- oder Managementkapazitäten, begrenzt ist (Wehrmann et al. 2006, S. 234). Deshalb stehen insbesondere Unternehmen, deren IT stark auf SOA basiert, vor der Herausforderung, das begrenzte Budget auf die erfolgversprechendste Kombination von Investitionen in IT-Services zu allokatieren, wozu eine methodische Bewertung der zur

Auswahl stehenden IT-Services notwendig ist (vgl. de Reyck et al. 2005, S. 526; vom Brocke et al. 2009, S. 261).

Allerdings verfügen laut einer weltweiten Befragung von 749 Chief Information Officers und Chief Executive Officers durch das IT Governance Institut nur 50% aller untersuchten Unternehmen über ein klar definiertes Vorgehen zur Bewertung von IT (IT Governance Institute 2008, S. 31), welches zur Auswahl der IT-Services notwendig ist. Vielmehr erfolgt diese oftmals intuitiv und in Abhängigkeit von der IT-Affinität der Entscheidungsträger (Kesten et al. 2007, S. 1), anstatt wertorientierte Entscheidungskriterien einzusetzen. Daher wird im Beitrag ein Vorgehensmodell zur Priorisierung der zur Auswahl stehenden IT-Services vorgeschlagen, wobei:

- 1) ein quantitatives, mehrperiodiges Vorgehensmodell zur Maximierung des Unternehmenswertes im Sinne einer wertorientierten Unternehmensführung entwickelt wird, das die inter- und intratemporalen Abhängigkeiten der periodischen Auswahlentscheidungen berücksichtigt, sowie
- 2) ein Entscheidungskalkül zur heuristischen Lösung des Auswahlproblems dargestellt wird und dessen Operationalisierung in der Praxis anhand eines Fallbeispiels exemplarisch verdeutlicht wird.

Das Vorgehensmodell basiert auf der Portfoliotheorie nach Markowitz (1952). Aus diesem Grund sind grundsätzliche Probleme bezüglich der Übertragbarkeit dieser auf Fragestellungen der IT-Investitionsbewertung kritisch zu diskutieren (vgl. Asundi und Kazman 2001; Kersten und Verhoef 2003; Verhoef 2002). So stellt insbesondere die jederzeit gegebene Liquidität der betrachteten Investitionsgegenstände eine notwendige Voraussetzung hinsichtlich der Anwendbarkeit der Portfoliotheorie dar. Diese ist bei IT-Investitionen jedoch i.d.R. nur bis zum Zeitpunkt der Implementierung gegeben (Verhoef 2002, S. 7; Zimmermann et al. 2008, S. 6). Im vorliegenden Beitrag erfolgt die Allokation des begrenzten Budgets auf die aus Ertrags-/Risiko-Gesichtspunkten erfolgversprechendste Kombination aus den gewünschten Investitionen in IT-Services jedoch vor deren Implementierung. Aus diesem Grund können diese zum Zeitpunkt der Portfoliooptimierung als liquide erachtet werden. (vgl. Zimmermann et al. 2008, S. 6).

Primäres Ziel des Beitrags ist es, zu einem besseren Verständnis der Zusammenhänge bei Abhängigkeiten zwischen Portfoliopositionen und Lieferanten – insbesondere hinsichtlich der Gestaltung von SOA – beizutragen. Die Übertragbarkeit der im Fallbeispiel erzielten Ergebnisse sowohl auf größerer Probleme als auch auf andere Unternehmen bzw. Branchen, in denen die Datenlage schlechter als im vorliegenden Fallbeispiel ist, wird dabei kritisch diskutiert.

Der Beitrag ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 wird ein Überblick über bisherige Arbeiten gegeben. Darauf aufbauend werden aus der Literatur Anforderungen an ein mehrperiodiges quantitatives Vorgehensmodell zur Priorisierung der zur Auswahl stehenden IT-Services abgeleitet. Im folgenden Kapitel 3 wird das Vorgehensmodell sowie ein Entscheidungskalkül als Heuristik zur Operationalisierung des Modells vorgestellt. Im Anschluss wird in Kapitel 4 die Anwendung anhand eines Fallbeispiels mit Daten eines deutschen Finanzdienstleisters illustriert. Das letzte Kapitel fasst die Ergebnisse zusammen und würdigt diese kritisch.

## **2 Bisherige Arbeiten und Anforderungen an das Vorgehensmodell**

Zahlreiche Arbeiten beschäftigen sich mit der Bewertung von IT-Investitionen im Allgemeinen (für einen Überblick vgl. vom Brocke et al. 2009, S. 264). Dabei sind insbesondere die Realoptionstheorie (vgl. Bardhan et al. 2004; Benaroch und Kauffman 1999; Diepold et al. 2011; Hawes und Duffey 2008) und die in der Praxis weit verbreitete Nutzwertanalyse (vgl. Jeffery und Leliveld 2004) hervorzuheben. Allerdings vernachlässigen eine Vielzahl bestehender Verfahren Interdependenzen zwischen Investitionen (z.B. wechselseitige Abhängigkeiten zwischen IT-Services), die das Portfoliorisiko signifikant beeinflussen können (Wehrmann et al. 2006, S. 235). Aus diesem Grund ist die Betrachtung einzelner Investitionen – wie es bei allgemeinen Verfahren zur Investitionsbewertung, z.B. zur Auswahl von Software oder anderen IT-Anschaffungen, oftmals der Fall ist – notwendig, aber nicht hinreichend, um ein optimales ITSP zu erhalten (vgl. Wehrmann et al. 2006, S. 235 ff.). Hierfür ist die Berücksichtigung von Abhängigkeiten essentiell. Verhoef (2002) überträgt hierzu Discounted-Cash-Flow-Verfahren auf die Bewertung von IT-Investitionen, wobei Interdependenzen implizit über Verteilungsannahmen z.B. bezüglich der Prozessreife abgebildet werden können (vgl. Wehrmann et al. 2006, S. 237). Eine Quantifizierung des Risikos in Form eines Risikomaßes findet dabei jedoch nicht statt, wodurch eine korrekte Risikoaggregation zum Portfoliorisiko nicht möglich ist (Zimmermann 2008a, S. 359; 2008b, S. 463). Bardhan et al. (2004) greifen auf oben genannte Realoptionstheorie zurück, wobei das Risiko mittels der Standardabweichung erfasst wird und Abhängigkeiten zwischen sequenziellen Investitionsentscheidungen betrachtet werden. Dörner (2003) und Wehrmann et al. (2006) bedienen sich hingegen der Portfoliotheorie von Markowitz (1952). Auch in diesen Arbeiten findet die Standardabweichung als Risikomaß Verwendung, wohingegen die erwarteten Erträge kapitalwertig abgebildet werden. Mittels der aus der Portfoliotheorie bekannten Aggregationsvorschriften ist dabei eine korrekte Aggregation der erwarteten Erträge und Risiken unter Berücksichtigung von Abhängigkeiten möglich (Zimmermann 2008a, S. 359; 2008b, S. 463).

Zur Priorisierung der zur Auswahl stehenden IT-Services in Unternehmen, deren IT-Landschaft in hohem Maße auf SOA basiert, erweisen sich allgemeine Verfahren zur Bewertung von IT-Investitionen i.d.R. jedoch als zu abstrakt (vom Brocke et al. 2009, S. 264). Arbeiten im Kontext von SOA beschäftigen sich hingegen spezifisch mit der Entscheidungsunterstützung bei der Priorisierung von zur Auswahl stehenden IT-Services, vernachlässigen allerdings oftmals die ökonomische Perspektive (vom Brocke et al. 2009, S. 264). Viele Autoren fordern jedoch eine wertorientierte Betrachtung der IT (vom Brocke et al. 2009, S. 262; Wehrmann et al. 2006, S. 234; Zimmermann 2008a, S. 358), die sich bisher aber nur in wenigen Arbeiten zur Gestaltung von SOA finden lässt (z.B. Thomas und vom Brocke 2010). Im vorliegenden Beitrag soll daher ein quantitatives, mehrperiodiges Vorgehensmodell zur Maximierung des Unternehmenswertes im Sinne einer wertorientierten Unternehmensführung entwickelt werden.

Um die zur Auswahl stehenden IT-Services im Sinne der geforderten wertorientierten Betrachtung priorisieren zu können, ist eine Zielgröße erforderlich, welche die Steigerung des Unternehmenswertes misst (Buhl et al. 2011, S. 161 f.; Coenenberg und Salfeld 2003, S. 3). Dies gewährleistet die Erfassung des Wertbeitrags eines IT-Service, wobei neben dem erwarteten Ertrag auch Risiken zu berücksichtigen sind (Zimmermann 2008b, S. 461), da deren Vernachlässigung i.d.R. zu einer Fehlallokation von Ressourcen führt (Maizlish und Handler 2005, S. 181 ff.). Unter Risiko wird hierbei nicht zwingend Gefahr oder Wagnis (Downside-Risk), sondern vielmehr die richtungsunabhängige Abweichung vom erwarteten Ertrag – wie sie mit symmetrischen Risikomaßen gemessen wird – verstanden. Die Beurteilung des Risikos hängt zudem von der Risikoeinstellung des Entscheiders ab (Zimmermann 2008b, S. 461). Daraus ergibt sich die erste Anforderung (AF), die ein Vorgehensmodell zur Priorisierung von zur Auswahl stehenden IT-Services erfüllen sollte:

AF.1 Die Priorisierung der zur Auswahl stehenden IT-Services soll auf Grundlage des Beitrags zur Steigerung des Unternehmenswertes (Wertbeitrag) erfolgen. Bei der Ermittlung des Wertbeitrags sollen erwarteter Ertrag und Risiko gemäß der Risikoeinstellung des Entscheiders berücksichtigt werden.

Zwischen verschiedenen IT-Services können Abhängigkeiten, z.B. bezüglich der Verfügbarkeit (vgl. Kapitel 3.1), bestehen, welche die Vorteilhaftigkeit der Auswahl beeinflussen können (vgl. Braunwarth und Heinrich 2008, S. 103; Diepold et al. 2011, S. 806; Zimmermann 2008b, S. 462). Um solche Abhängigkeiten bei der Priorisierung von zur Auswahl stehenden IT-Services abbilden zu können und alle wesentlichen Interdependenzen zu berücksichtigen (Kargl 2000, S. 23), ist es notwendig, die IT-Landschaft als Portfolio abzubilden (Lacity und Willcocks 2003, S. 116). Daraus ergibt sich die zweite Anforderung:

AF.2 Bei der Ermittlung des Wertbeitrags eines IT-Service sollen Abhängigkeiten zwischen einzelnen IT-Services betrachtet werden. Um diese abbilden zu können, ist die Betrachtung der IT-Service-Landschaft im Unternehmen als Portfolio notwendig, wobei bereits bestehende IT-Services bei der Bewertung zu berücksichtigen sind.

Somit wird ein Vorgehensmodell zur Priorisierung der zur Auswahl stehenden IT-Services gefordert, welches in der Lage ist, den Wertbeitrag eines einzelnen IT-Service und des gesamten ITSP unter Berücksichtigung von erwartetem Ertrag, Risiko und Abhängigkeiten zwischen IT-Services zu ermitteln. Diese können sowohl von internen als auch von externen Lieferanten bezogen werden. Reichmayr (2003, S. 99 ff.) beschreibt unter dem Stichwort „Out-tasking“ die Auswahl von IT-Services externer Lieferanten zur Durchführung einzelner Prozessaktionen (vgl. vom Brocke et al. 2009, S. 265). Braunwarth und Heinrich (2008, S. 107) haben darüber hinaus gezeigt, dass durch das heute oftmals übliche Auswählen nur eines Lieferanten pro Prozessaktion Optimierungspotenzial verschenkt wird. Besteht hingegen die Möglichkeit, einzelne Durchführungen von Prozessaktionen unabhängig voneinander an mehrere interne und/oder externe Lieferanten zu vergeben (z.B. von 1000 Durchführungen der Prozessaktion „*Kontoeröffnung*“ werden 600 an Lieferant A und 400 an Lieferant B vergeben), lässt sich das Risiko diversifizieren. Daraus ergibt sich die dritte Anforderung:

AF.3 Das Vorgehensmodell soll eine integrierte Betrachtung der Priorisierung der zur Auswahl stehenden IT-Services bei gleichzeitiger Bestimmung der aus Ertrags-/Risiko-Gesichtspunkten optimalen individuellen Anteile der Lieferanten an den Durchführungen einzelner Prozessaktionen gewährleisten.

Um über alle bis zum Ende des Planungshorizonts anstehenden Entscheidungszeitpunkte hinweg zu optimalen Entscheidungen zu gelangen und systematische Fehler bei der Priorisierung zu vermeiden, ist die Mehrperiodigkeit der Problemstellung und der sich daraus ergebende dynamische Charakter angemessen zu berücksichtigen (vgl. de Reyck et al. 2005, S. 526). Daraus ergibt sich die vierte Anforderung:

AF.4 Die Auswahl der IT-Services soll unter Beachtung der periodischen Budgetrestriktionen so erfolgen, dass die dem jeweiligen Kenntnisstand zu den Entscheidungszeitpunkten entsprechenden risikobereinigten Wertbeiträge über den Planungshorizont maximiert werden.

Basierend auf diesen Anforderungen wird nachfolgend ein mehrperiodiges Vorgehensmodell zur Priorisierung der zur Auswahl stehenden IT-Services entwickelt.



### 3 Formulierung des Vorgehensmodells

Für jeden bereits bestehenden sowie zur Auswahl stehenden IT-Service soll im Weiteren bereits ein Business Case vorliegen (vgl. Iqbal et al. 2007, S. 194). Neben den darin enthaltenen Größen greift das Modell auf die Dokumentation der potenziell zu unterstützenden Prozesse und die enthaltenen Prozessaktionen zurück, aus der u.a. hervorgeht, welche Prozessaktionen grundsätzlich durch IT-Services unterstützt werden können. Aus Leistungskatalogen, in denen diese Prozessaktionen weiter spezifiziert werden, kann die erwartete Nachfrage und der zu erwartende Zahlungsüberschuss bei Unterstützung einer Prozessaktion durch einen IT-Service entnommen werden (vgl. Blodig et al. 2006, S. 473 ff.; Helmke und Dangelmaier 2008, S. 295). Dabei wird ein pay-per-use Preismodell für IT-Services unterstellt, wobei sich das vorgestellte Modell auch für abweichende Preismodelle eignet (vgl. Kapitel 3.1). Tabelle 1 gibt einen Überblick über alle zu ermittelnden Variablen und schlägt Quellen für die Beschaffung vor. Dennoch stellt die Erhebung der Inputparameter einen kritischen Faktor dar, der zu Einschränkungen bei der Anwendung des Vorgehensmodells führen kann (vgl. Kapitel 5). Im Weiteren ist davon auszugehen, dass bereits bekannt ist, ob schon IT-Services zur Unterstützung von Prozessaktionen existieren, bzw. ob die Entwicklung eines entsprechenden IT-Service möglich ist.

Die Definition der Anforderungen an IT-Services erfolgt i.d.R. in einem Pflichtenheft, wobei strategische oder rechtliche Restriktionen bzw. Anforderungen zu berücksichtigen sind (vgl. Iqbal et al. 2007, S. 195). Hierbei ist zwischen Muss-Anforderungen und Kann-Anforderungen zu unterscheiden (vgl. Helmke und Dangelmaier 2008, S. 296). Als Muss-Anforderungen werden im Folgenden nur solche betrachtet, die z.B. aufgrund gesetzlicher Anforderungen unabdingbar umgesetzt werden müssen. Alle über diesen Umfang hinausgehenden Anforderungen sind als eigenständige Kann-Anforderungen einzustufen. Zu definierten und wiederkehrenden Zeitpunkten soll nun unter Berücksichtigung der Muss-Anforderungen eine Priorisierung der Kann-Anforderungen zur Umsetzung von IT-Services erfolgen. Dabei können IT-Services im ITSP der Unternehmung in vier verschiedenen Phasen ihres Lebenszyklus auftreten. Es existieren (1) **identifizierte IT-Services**, die zur Unterstützung von Prozessaktionen beschrieben, aber noch nicht implementiert sind, (2) **angeforderte IT-Services**, die im Rahmen von IT-Projekten umgesetzt werden, (3) **realisierte IT-Services**, die bereits der Unterstützung von Prozessaktionen dienen, sowie (4) **entfernte IT-Services**, die nicht mehr zur Unterstützung von Prozessaktionen zur Verfügung stehen. Zum Entscheidungszeitpunkt liegt bereits ein ITSP aus realisierten IT-Services sowie identifizierten IT-Services vor. Nun wird auf Basis dieser Ausgangssituation entschieden, welche der identifizierten IT-Services angefordert werden sollen

(Entscheidungszeitpunkt). In der Phase zwischen zwei aufeinanderfolgenden Entscheidungszeitpunkten erfolgt die Implementierung einer oder mehrerer autorisierter Investitionen in IT-Services bzw. die Entfernung nicht mehr benötigter IT-Services (Implementierungsphase). Änderungen an IT-Services können durch die Entfernung eines bereits realisierten IT-Service bei gleichzeitiger Anforderung eines neuen IT-Service mit den gewünschten Spezifikationen erfolgen. Zum nächsten Entscheidungszeitpunkt liegt somit wieder ein ITSP in der Ausgangssituation mit identifizierten und realisierten IT-Services vor. Die zum Entscheidungszeitpunkt beschlossenen Änderungen am ITSP sind dabei vollständig umgesetzt (Effektivzeitpunkt). Dieser Vorgang wiederholt sich zu jedem Entscheidungszeitpunkt (siehe Abbildung 1).

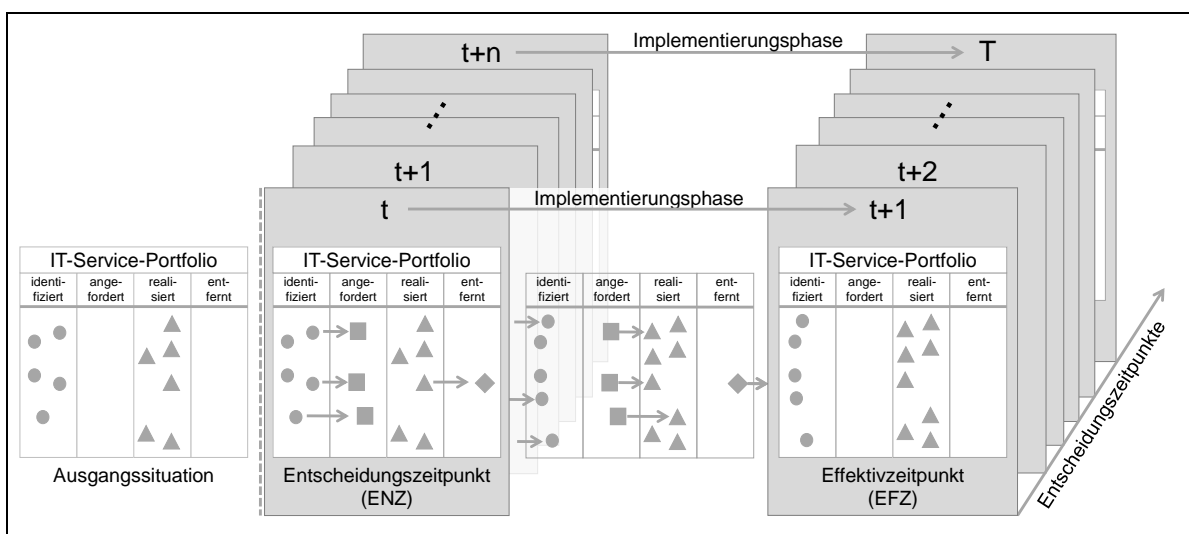


Abb. 1 IT-Service-Portfolio über mehrere Entscheidungszeitpunkte

### 3.1 Annahmen

Unter Berücksichtigung des im Vorangegangenen formulierten Anforderungsmanagements werden im Folgenden Annahmen für das Modell getroffen, wobei alle mit dem Index  $t$  versehenen Variablen als periodenbezogen, Variablen ohne Index  $t$  hingegen als über alle Perioden konstant zu betrachten sind. Eine Übersicht über die zu ermittelnden Variablen und mögliche Informationsquellen zeigt Tabelle 1.

Tab. 1 Übersicht über die zu ermittelnden Variablen und mögliche Informationsquellen

Eingabewerte	Variable	Einheit	Informationsquelle
Prognostizierte Nachfrage	$q_{t,m}$	Durchführungen/Periode	Schätzung durch das Unternehmen
Eintrittswahrscheinlichkeit der prognostizierten Nachfrage	$d_{t,m}$	-	Erfahrungen der letzten Perioden und Marktstudien
Budget	$B_t$	Geldeinheiten (GE)/Periode	Durch das Unternehmen vorgegeben
Investitionsauszahlungen	$I_{m,n}$	GE	Angebotsvergleiche verschiedener Lieferanten bzw. interne Verrechnungspreise der eigenen IT-Tochter
Variable Auszahlungen für die Nutzung eines IT-Service	$P_{t,m,n}$	GE/Durchführung	Angebotsvergleiche verschiedener Lieferanten bzw. interne Verrechnungspreise der eigenen IT-Tochter
Zahlungsstrom bei erfolgreicher Durchführung einer Prozessaktion	$g_{t,m}$	GE/Durchführung	Schätzung durch das Unternehmen
Erwartete Verfügbarkeit eines IT-Service	$E(\tilde{w}_{m,n})$	-	Durch Lieferanten bzw. eigene IT Tochter im Vorfeld im SLA zusicherte mittlere Verfügbarkeit
Varianz der Verfügbarkeit eines IT-Service	$Var(\tilde{w}_{m,n})$	-	Durch Erfahrungswerte und Verfahren zur Bewertung von Lieferanten (vgl. Braunwarth und Heinrich 2008)
Kosten bei Ausfall eines IT-Service	$k_{t,m,n}$	GE/Durchführung	Abschätzung durch die Kosten der alternativen Bearbeitung der notwendigen Prozessaktion (z.B. manuelle Durchführung) bzw. durch den prognostizierten entgangenen Zahlungsüberschuss
Korrelation zwischen den erwarteten Verfügbarkeiten	$\rho$	-	Abschätzung durch Erfahrungen bzw. durch eigene IT-Tochter
Risikoaversionsparameter	$b$	-	Festlegung durch das Unternehmen
Kalkulationszins	$i_{kalk}$	-	Unternehmensinterner bzw. branchenüblicher Kalkulationszins

Dem Modell liegen folgende Annahmen zugrunde:

- A.1 In der Unternehmung existiert eine Menge an potenziell durch IT unterstützbaren Prozessaktionen  $m \in \{1, 2, \dots, M\}$ , die vereinfachend als statisch angenommen wird. Die Unterstützung einer Prozessaktion  $m$ , welche durch den IT-Service  $s_{m,n}$  eines Lieferanten  $n \in \{1, 2, \dots, N\}$  erbracht werden kann, wird voraussichtlich bis zum Zeitpunkt  $T_m$  benötigt. Die ITSP-Optimierung erfolgt bis zum Ende des Planungshorizonts  $T$  mit  $T < \max_{m=1}^M(T_m)$  zu den Entscheidungszeitpunkten (ENZ)  $t \in \{0, 1, \dots, T\}$ . Da vereinfachend die Implementierung/Einbindung eines neuen, angeforderten IT-Service  $s_{m,n}$  zur Unterstützung einer Prozessaktion  $m$  bzw. die Entfernung eines bereits realisierten IT-Service  $s_{m,n}$  nach einer Periode abgeschlossen sein soll, ist im Folgenden für jeden ENZ  $t$  von dem zugehörigen, eine Periode später eintretenden Effektivzeitpunkt (EFZ)  $t+1 \in \{1, 2, \dots, T+1\}$  auszugehen.
- A.2 Ein IT-Service  $s_{m,n}$  kommt nur dann in Frage, wenn er für den gesamten benötigten Zeitraum, d.h. ab dem EFZ  $t+1$  bis zum Ende der prognostizierten Laufzeit zum Zeitpunkt  $T_m$ , angeboten wird. Ist der IT-Service  $s_{m,n}$  eines Lieferanten  $n$  für die Unterstützung einer Prozessaktion  $m$  zum Zeitpunkt  $t$  zu berücksichtigen, so ist für

$t \in \left\{0, \max_{m=1}^M(T_m)\right\}$  das Element  $a_{t,m,n} \in \{0,1\}$  der  $M \times N$ -Matrix  $A_t$  (Angebotsmatrix zum Zeitpunkt  $t$ ) mit eins belegt, andernfalls mit null. Somit wird sichergestellt, dass alle identifizierten und realisierten IT-Services bei der ITSP-Optimierung berücksichtigt werden. Wird ein IT-Service  $s_{m,n}$  zum Ende der Laufzeit  $T_m$  entfernt, so gilt  $a_{T_m+1,m,n} = 0$ . Wird ein IT-Service  $s_{m,n}$  vor dem Ende der Laufzeit  $T_m$ , zum ENZ  $t$  entfernt, so gilt zum folgenden EFZ  $t+1$   $a_{t+1,m,n} = 0$ . Die prognostizierte Nachfrage  $q_{t,m} \in \{0,1,\dots,Q\}$  nach einer Prozessaktion  $m$  je Periode zwischen den beiden Zeitpunkten  $t$  und  $t+1$  mit  $t \in \{0,1,\dots,T_m\}$  tritt mit der Wahrscheinlichkeit  $d_{t,m} \in [0;1]$  ein und ist mit Wahrscheinlichkeit  $1-d_{t,m}$  null.

A.3 Das zum ENZ  $t$  zur Verfügung stehende Budget  $B_t \in \mathfrak{R}^+$  für Investitionen in IT-Services  $s_{m,n}$  ist beschränkt. Deshalb kann u.U. nur für einen Teil der Prozessaktionen  $m$  die angeforderte Unterstützung bewilligt werden. Bei der ITSP-Optimierung wird somit entschieden, ob (1) eine Prozessaktion  $m$  durch einen IT-Service unterstützt werden soll und (2) wenn ja, ob diese von einem oder von mehreren Lieferanten  $n$  bezogen wird. Zum ENZ  $t$  bezeichnet  $x_{t,m,n} \in [0;1]$  die bereits festgelegten Anteile an den Durchführungen eines realisierten IT-Service  $s_{m,n}$  bezogen auf dessen erwartete Nachfrage  $d_{t,m} \cdot q_{t,m}$ , die von einem Lieferanten  $n$  zur Unterstützung einer Prozessaktion  $m$  bezogen werden.<sup>1</sup> Wenn eine Prozessaktion  $m$  zum Zeitpunkt  $t$  durch den IT-Service eines oder mehrerer Lieferanten  $n$  unterstützt wird, gilt:

$$\sum_{n=1}^N x_{t,m,n} = 1.$$
 Desweiteren sei ein bereits bestimmter Anteil  $x_{t,m,n}$  über die verbleibende Laufzeit des IT-Service  $s_{m,n}$  bis zu dessen Entfernung zum Zeitpunkt  $T_m$  konstant. Die Entscheidungsvariablen des Modells zu jedem ENZ  $t$  sind somit die Anteile  $x_{t+1,m,n}$  an den Durchführungen eines identifizierten IT-Service  $s_{m,n}$  bezogen auf dessen ab dem EFZ  $t+1$  erwartete Nachfrage  $d_{t+1,m} \cdot q_{t+1,m}$ .

Im Falle der Unterstützung einer Prozessaktion  $m$  fallen zunächst Investitionsauszahlungen an. Bei Eigenerstellung des IT-Service  $s_{m,n}$  umfassen diese Implementierungskosten

---

<sup>1</sup> Auf selbe Art und Weise können auch IT-Services zur Erfüllung von Muss-Anforderungen im Modell Berücksichtigung finden.

und/oder Einbindungskosten (z.B. bei Wiederverwendung eines bereits bestehenden IT-Service) bzw. bei Fremdbezug ausschließlich Einbindungskosten.

A.4 Für jeden zur Unterstützung einer Prozessaktion  $m$  benötigten IT-Service  $s_{m,n}$  fallen zum ENZ  $t$  vorschüssige Investitionsauszahlungen  $I_{m,n} \in \mathfrak{R}^+$  in Form von Implementierungs- und/oder Einbindungskosten an. Für die Entfernung eines IT-Service am Ende seiner Laufzeit zum Zeitpunkt  $T_m$  sollen vereinfachend keine Kosten anfallen.

Bei der Ausführung eines realisierten IT-Service fallen zurechenbare Aus- und Einzahlungen an. Die Auszahlungen sind dabei insbesondere bei pay-per-use-Preismodellen vergleichsweise einfach zu ermitteln. Weitere mögliche Preismodelle findet sich in Boles und Schmees (2003), während Braunwarth und Heinrich (2008, S. 102) veranschaulichen, wie die modellhafte Abbildung von alternativen Preismodellen erfolgen kann. Die bei der Ausführung eines realisierten IT-Service anfallenden Einzahlungen können hingegen z.B. durch das realisierbare Einsparungspotenzial im Vergleich zur manuellen Durchführung der Prozessaktion ermittelt werden. Weitere Möglichkeiten zur Quantifizierung der Aus- und Einzahlungen von IT-Services und der damit verbundenen Datenunsicherheit finden sich z.B. in Brandl et al. (2007), Diao und Bhattacharya (2008), Dreifus et al. (2007, S. 20 f.), Thomas und vom Brocke (2010, S. 76 ff.) sowie Kesten et al. (2007).

A.5 Durch die Nutzung eines realisierten IT-Service  $s_{m,n}$  fallen sowohl bei Eigenerstellung als auch bei Fremdbezug variable Auszahlungen  $p_{t,m,n} \in \mathfrak{R}^+$  für eine Einheit des IT-Service  $s_{m,n}$  an (pay-per-use-Preismodell). Fallen für die Nutzung zusätzliche Fixkosten an, wird im Folgenden von deren möglichen Variabilisierung ausgegangen. Die erfolgreiche Durchführung einer Prozessaktion  $m$  generiert Einzahlungen in Höhe von  $g_{t,m} \in \mathfrak{R}^+$ , die der Unterstützung durch den realisierten IT-Service  $s_{m,n}$  zurechenbar sind. Somit ergibt sich der vorschüssige Zahlungsüberschuss  $r_{t,m,n} \in \mathfrak{R}^+$  je erfolgreicher Durchführung einer Prozessaktion  $m$  unterstützt durch den IT-Service  $s_{m,n}$  aus  $r_{t,m,n} = g_{t,m} - p_{t,m,n}$ .

Um die gewünschte Verfügbarkeit der IT-Services sicherzustellen, werden mit den Lieferanten i.d.R. in Service Level Agreements (SLA) Verfügbarkeitsgarantien und Strafzahlungen für deren Nichteinhaltung festgelegt (vgl. Trienekens et al. 2004). Dennoch ist davon auszugehen, dass IT-Services nicht immer ohne Verzögerungen oder Qualitätseinbußen geliefert werden. Solche operationellen Risiken werden i.d.R. durch eine poissonverteilte Zufallsvariable abgebildet (Prokein 2008, S. 43 ff.). Aufgrund der zu

erwartenden hohen durchschnittlichen Verfügbarkeit und der Vielzahl an zu erwartenden Ausführungen eines IT-Service kann jedoch die Normalverteilung näherungsweise Verwendung finden (vgl. Schlittgen 2003, S. 243). Daher wird für die Modellierung angenommen (vgl. Braunwarth und Heinrich 2008, S. 103):

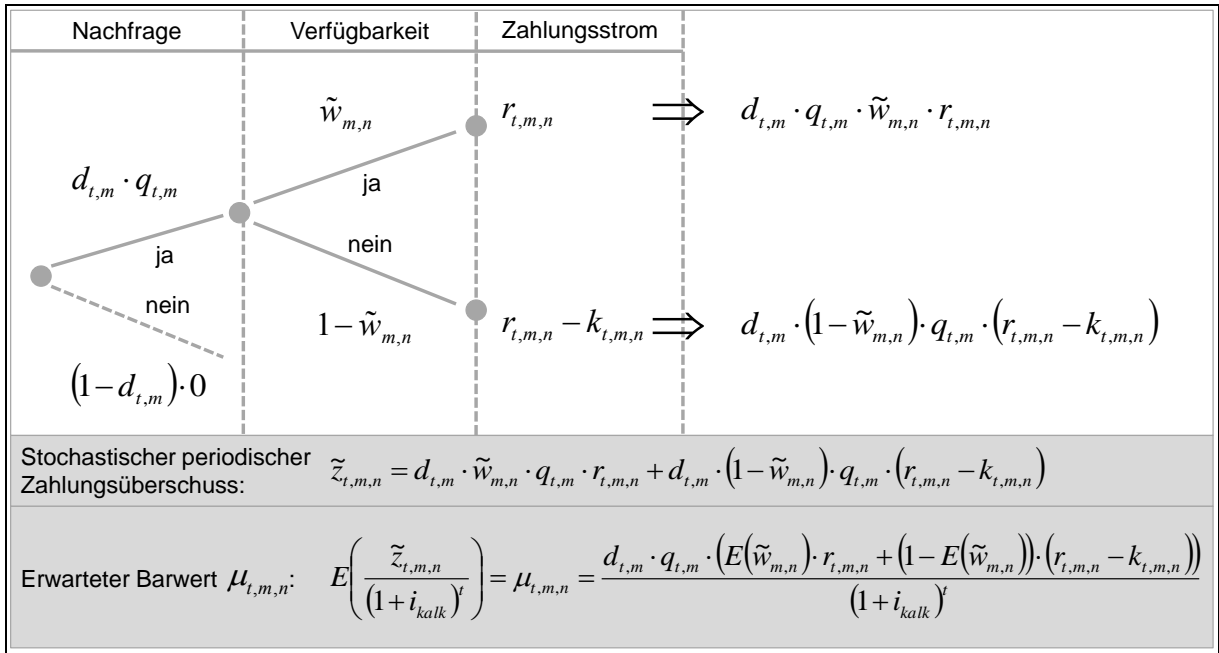
A.6 Die Wahrscheinlichkeit  $\tilde{w}_{m,n} \in [0;1]$ , dass ein realisierter IT-Service  $s_{m,n}$  in vereinbarter Zeit und Qualität verfügbar ist, wird durch normalverteilte Zufallsvariablen mit Erwartungswert  $E(\tilde{w}_{m,n})$  und Standardabweichung  $\sqrt{Var(\tilde{w}_{m,n})}$  abgebildet.<sup>2</sup> Es wird angenommen, dass die Wahrscheinlichkeit der Verfügbarkeit  $\tilde{w}_{m,n}$  im SLA definiert ist und diese bis zum Ende der Laufzeit des IT-Services zum Zeitpunkt  $T_m$  konstant ist. Für die Wahrscheinlichkeit  $\tilde{w}_{m,n}$  bedeutet dabei  $\tilde{w}_{m,n} = 1$ , dass der IT-Service  $s_{m,n}$  mit Sicherheit zur Verfügung stehen wird bzw.  $\tilde{w}_{m,n} = 0$ , dass er in keinem Fall verfügbar sein wird.

A.7 Im Falle der Nichtverfügbarkeit eines angefragten IT-Service  $s_{m,n}$  entstehen zusätzliche vorschüssige Auszahlungen in Höhe von  $k_{t,m,n} \in \mathfrak{R}^+$  (z.B. durch Prozessausfall oder manuelle Bearbeitung). Diese werden als bereits um etwaig vereinbarte Konventionalstrafen reduziert angenommen.

Aus den bisherigen Annahmen ergibt sich, dass ein IT-Service  $s_{m,n}$  in der Periode zwischen  $t$  und  $t+1$  mit einer Wahrscheinlichkeit von  $d_{t,m}$   $q_{t,m}$ -mal bzw. mit der Gegenwahrscheinlichkeit  $1-d_{t,m}$  nicht nachgefragt wird. Ist ersteres der Fall, steht der nachgefragte IT-Service  $s_{m,n}$  wiederum mit einer Wahrscheinlichkeit von  $\tilde{w}_{m,n}$  zur Verfügung bzw. mit einer Wahrscheinlichkeit von  $1-\tilde{w}_{m,n}$  nicht zur Verfügung. Im Falle der Verfügbarkeit entsteht der Unternehmung ein Zahlungsüberschuss in Höhe von  $r_{t,m,n}$ , bei Nichtverfügbarkeit ein um zusätzliche Auszahlungen in Höhe von  $k_{t,m,n}$  verringerter Zahlungsüberschuss  $r_{t,m,n} - k_{t,m,n}$  (siehe Abbildung 2).

---

<sup>2</sup> Es ist davon auszugehen, dass die Glockenkurve der zugehörigen Dichtefunktion sehr schmal sein wird, da in der Regel zu jedem IT-Service ein SLA geschlossen wird, das eine sehr hohe Verfügbarkeit des IT-Service (95-99%) garantiert. Folglich liegt  $E(\tilde{w}_{m,n})$  gewöhnlich zwischen 0,95 und 0,99 wodurch bereits bei einer  $\tilde{w}_{m,n}$ -Ausprägung, die der garantierten Verfügbarkeit im SLA entspricht, die Dichtefunktion an den Rändern sehr flach sein wird. Aus diesem Grund sind die Ränder des Definitionsbereichs  $\tilde{w}_{m,n} < 0$  und  $\tilde{w}_{m,n} > 1$  wegen mangelnder Plausibilität nicht zu betrachten und die flach auslaufenden Enden der Dichtefunktion in diesen Bereichen gedanklich abzutrennen.



**Abb. 2** Zusammensetzung des erwarteten Barwerts der periodischen Zahlungsüberschüsse eines IT-Service

A.8 Durch die Unterstützung von Prozessaktion  $m$  durch den IT-Service  $s_{m,n}$  des Lieferanten  $n$  ergeben sich bei bereits realisierten IT-Services bereits ab dem ENZ  $t$  und bei neu angeforderten IT-Services ab dem EFZ  $t+1$  bis zum Ende der prognostizierten Laufzeit  $T_m$  stochastische periodische Zahlungsüberschüsse  $\tilde{z}_{t,m,n}$  (siehe Abbildung 2). Um eine Vergleichbarkeit der vom ENZ  $t$  abhängigen periodischen Zahlungsüberschüsse zu erreichen, werden die Erwartungswerte der stochastischen periodischen Zahlungsüberschüsse  $\tilde{z}_{t,m,n}$  einheitlich mit dem gegebenem Zinsfuß  $i_{kalk} \in \mathfrak{R}^+$  auf  $t=0$  diskontiert.

Der erwartete Barwert der periodischen Zahlungsüberschüsse eines jeden IT-Service  $s_{m,n}$  zum Zeitpunkt  $t$  ergibt sich somit wie folgt:

$$(3.1) \quad \mu_{t,m,n} = \frac{d_{t,m} \cdot q_{t,m} \cdot (E(\tilde{w}_{m,n}) \cdot r_{t,m,n} + (1 - E(\tilde{w}_{m,n})) \cdot (r_{t,m,n} - k_{t,m,n}))}{(1+i_{kalk})^t}$$

Der erwartete Barwert des gesamten ITSP  $\mu_p$  zum ENZ  $t=0$  ergibt sich aus den über alle Prozessaktionen und Lieferanten aggregierten, um die vorschüssigen, ebenfalls auf  $t=0$  diskontierten Investitionsauszahlungen  $I_{m,n}$  reduzierten Summe  $\tilde{z}$  der gewichteten erwarteten Barwerte der periodischen Zahlungsüberschüsse  $\mu_{t,m,n}$  aller zu berücksichtigenden bereits realisierten und neu angeforderten IT-Services  $s_{m,n}$ , die ab dem EFZ  $t+1$  anfallen:

$$(3.2) \quad \mu_p = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \sum_{t=0}^{T_m-1} \left( x_{t+1,m,n} \cdot a_{t+1,m,n} \cdot \mu_{t+1,m,n} - \frac{I_{m,n}}{(1+i_{kalk})^t} \cdot (1 - \text{sgn}[(1 - \text{sgn}[x_{t+1,m,n}]) + \text{sgn}[x_{t,m,n}]] \mathbb{D}) \right)$$

unter den Nebenbedingungen:

$$x_{t+1,m,n} = x_{h,m,n} = \text{konst.} > 0 \forall t \leq h \leq T_m, m, n, \text{ falls } h \geq 0,$$

wobei  $h$  definiert ist als  $h = \min\{v \in \{0, \dots, T_m\} : x_{v,m,n} > 0\}$ .

Mit Hilfe der Signum-Funktion wird erreicht, dass die vorschüssigen Investitionsauszahlungen  $I_{m,n}$  nur in der Periode der Auswahl und auch bei nur anteiligem Bezug eines IT-Service von einem Lieferanten in vollem Umfang berücksichtigt werden. Durch die Nebenbedingungen wird zudem sichergestellt, dass – wie in A.3 formuliert – zum ENZ  $t$  ausschließlich die Anteile  $x_{t+1,m,n}$  der identifizierten IT-Services ermittelt und bereits bestehende Anteile  $x_{v,m,n}$  mit  $0 \leq v \leq t$  als konstant erachtet werden. Da die Wahrscheinlichkeiten  $\tilde{w}_{m,n}$  normalverteilt sind, gilt dies auch für den stochastischen Zahlungsstrom  $\tilde{z}_{t,m,n}$ . Die zugehörige Standardabweichung wird durch  $\sigma_{t,m,n}$  erfasst und ergibt sich durch:

$$(3.3) \quad \sigma_{t,m,n} = \frac{d_{t,m} \cdot q_{t,m} \cdot k_{t,m,n}}{(1+i_{\text{ kalk}})^t} \cdot \sqrt{\text{Var}(\tilde{w}_{m,n})}.$$

Durch geteilte Ressourcen, wie z.B. Datenbanken von Drittanbietern, ist die Wahrscheinlichkeit der Verfügbarkeit auch bei konkurrierenden IT-Services verschiedener Lieferanten in der Realität nicht unabhängig.

A.9 Zwischen den Wahrscheinlichkeiten für die Verfügbarkeit  $\tilde{w}_{m,n_i}$  und  $\tilde{w}_{m,n_j}$  zweier IT-Services  $s_{m,n_i}$  und  $s_{m,n_j}$  unterschiedlicher Lieferanten  $n_i$  und  $n_j$  mit  $n_i \neq n_j$ , die für die selbe Prozessaktion  $m$  eingesetzt werden können, bestehen lineare Abhängigkeiten. Diese sind über die Korrelationskoeffizienten  $\rho(s_{m,n_i}, s_{m,n_j}) \in [-1;1]$  abgebildet.

Durch geteilte Ressourcen eines Lieferanten, wie z.B. Server, auf denen mehrere IT-Services betrieben werden, ist zudem die Wahrscheinlichkeit der Verfügbarkeit zweier IT-Services eines Lieferanten üblicherweise nicht unabhängig.

A.10 Zwischen den Wahrscheinlichkeiten für die Verfügbarkeit  $\tilde{w}_{m_k,n}$  und  $\tilde{w}_{m_l,n}$  zweier IT-Services  $s_{m_k,n}$  und  $s_{m_l,n}$  zur Unterstützung verschiedener Prozessaktionen  $m_k$  und  $m_l$  mit  $m_k \neq m_l$  des gleichen Lieferanten  $n$  existieren lineare Abhängigkeiten, die über Korrelationskoeffizienten  $\rho(s_{m_k,n}, s_{m_l,n}) \in [-1;1]$  abgebildet werden.



A.11 Für das Modell wird angenommen, dass das Risiko des gesamten ITSP mit der Varianz  $\sigma_p^2$  gemessen wird. Diese entspricht der gewichteten Summe aller Kovarianzen der einzelnen stochastischen periodischen Zahlungsüberschüsse der am ITSP beteiligten IT-Services  $s_{m,n}$  zu den stochastischen periodischen Zahlungsüberschüssen des gesamten ITSP.

Gewichtet mit den Anteilen  $x_{t+1,m,n}$  der zu den EFZ  $t+1$  bereits realisierten bzw. neu angeforderten IT-Services  $s_{m,n}$  ergibt sich somit (vgl. Bamberg et al. 2006):

$$(3.4) \quad \sigma_p^2 = \sum_{m_k=1}^M \sum_{n_i=1}^N \sum_{t_p=0}^{T_{m_k}-1} \sum_{m_l=1}^M \sum_{n_j=1}^N \sum_{t_q=0}^{T_{m_l}-1} x_{t_p+1,m_k,n_i} \cdot a_{t_p+1,m_k,n_i} \cdot x_{t_q+1,m_l,n_j} \cdot a_{t_q+1,m_l,n_j} \cdot \sigma_{t_p+1,m_k,n_i} \cdot \sigma_{t_q+1,m_l,n_j} \cdot \rho(s_{m_k,n_i}, s_{m_l,n_j})$$

unter den Nebenbedingungen:

$$x_{t+1,m,n} = x_{h,m,n} = konst. > 0 \forall t \leq h \leq T_m, m, n, \text{ falls } h \geq 0,$$

wobei  $h$  definiert ist als  $h = \min \{v \in \{0, \dots, T_m\} : x_{v,m,n} > 0\}$ .

Ziel eines wertorientierten ITSP ist sowohl die „Maximierung des erwarteten Ertrags“, als auch die „Minimierung des Risikos“. Da beide Ziele – wie in der Literatur hinreichend diskutiert – nicht gleichzeitig erreicht werden können, ist zur Ermittlung des ITSP mit dem höchsten Wertbeitrag eine Präferenzfunktion erforderlich, die der  $(\mu, \sigma)$ -Regel folgt (vgl. Anforderung AF.1). Für die Modellierung wird angenommen:

A.12 Für den Entscheider existiert eine Nutzenfunktion, die mit dem Bernoulli-Prinzip vereinbar ist und jedem ITSP einen Nutzen zuordnet. Der Entscheider wählt stets dasjenige ITSP, welches den maximalen Präferenzfunktionswert aufweist. Bei dessen Ermittlung muss der erwartete Barwert  $\mu_p$  und das Risiko  $\sigma_p^2$  gemäß der Risikoeinstellung des Entscheiders berücksichtigt werden.

Ziel des Entscheiders ist es dabei, dasjenige ITSP zu wählen, welches gemäß seiner Risikoeinstellung unter Berücksichtigung der Budgetrestriktion die dem jeweiligen Kenntnisstand zum ENZ entsprechenden risikobereinigten Wertbeiträge über den Planungshorizont maximiert. Schneeweiß (1967) sowie Bamberg et al. (2006) haben gezeigt, dass im Falle einer Konstellation, wie sie durch die Annahmen A.6 und A.12 gegeben ist, nur ein Präferenzfunktional der folgenden Form mit dem Bernoulli-Prinzip vereinbar ist:

$$(3.5) \quad \varphi(\mu_p, \sigma_p) = \mu_p - \frac{b}{2} \cdot \sigma_p^2 \rightarrow \max!$$

unter den Nebenbedingungen:

$$x_{t+1,m,n} = x_{h,m,n} = konst. > 0 \forall t \leq h \leq T_m, m, n, \text{ falls } h \geq 0,$$

wobei  $h$  definiert ist als  $h = \min \{v \in \{0, \dots, T_m\} : x_{v,m,n} > 0\}$  und

$$\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N I_{m,n} \cdot \left(1 - \operatorname{sgn} \left[ \left(1 - \operatorname{sgn} [x_{t,m,n}] \right) + \operatorname{sgn} [x_{t-1,m,n}] \right] \right) \leq B_t \forall t.$$

Die Parameter  $\mu_p$  und  $\sigma_p^2$  ergeben sich entsprechend der Formeln (3.2) bzw. (3.4). Der Risikoaversionsparameter  $b \in \mathfrak{R}$ , das Arrow-Pratt Maß, bildet dabei die Risikoeinstellung des Entscheiders ab (Arrow 1965; Pratt 1964), die für  $b > 0$  Risikoaversion, für  $b = 0$  Risikoneutralität und für  $b < 0$  Risikofreude widerspiegelt. Desweiteren wird durch die Nebenbedingung  $\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N I_{m,n} \cdot \left(1 - \operatorname{sgn} \left[ \left(1 - \operatorname{sgn} [x_{t,m,n}] \right) + \operatorname{sgn} [x_{t-1,m,n}] \right] \right) \leq B_t \forall t$  sichergestellt, dass zu jedem ENZ  $t$  die periodischen Budgetbeschränkungen eingehalten werden.

### 3.2 Heuristisches Vorgehen zur Anwendung des Modells in der Praxis

Aufgrund des dynamischen Charakters des Entscheidungsproblems hängt die ITSP-Optimierung zu jedem ENZ  $t$  von allen vorher getroffenen Entscheidungen ab und beeinflusst selbst wiederum die folgenden zulässigen Alternativen. Um das in Formel (3.5) dargestellte stochastische dynamische Optimierungsproblem zu lösen und die Interdependenzen zwischen den ENZ  $t$  zu berücksichtigen, kann die dynamische Optimierung nach Bellman (1957) Verwendung finden. Allerdings stellt sich die Anwendung dieser aufgrund der erforderlichen vollständigen Modellierung des Problems sowie der notwendigen Bereitstellung sämtlicher Daten als problematisch dar. In der Praxis ist dies i.d.R. nicht zu bewältigen, da die Daten und damit das Optimierungsproblem selbst einer eigenen Dynamik im Zeitverlauf unterliegen. Aus heutiger Sicht ist es z.B. schwer absehbar, welche IT-Services in der Zukunft identifiziert und angefordert werden. Somit ist es fraglich, inwieweit die mit der dynamischen Optimierung einhergehende hohe Komplexität und der signifikante Berechnungsaufwand zu rechtfertigen sind, wenn die benötigte Datenbasis, welche die zukünftigen Handlungsalternativen und somit das Optimierungsproblem determiniert, mit einer derart hohen Prognoseunsicherheit behaftet ist. Aus diesem Grund bietet sich eine Dekomposition des in Kapitel 3.1 formulierten dynamischen Entscheidungsproblems an. Grundidee ist dabei die Zerlegung des in Formel (3.5) dargestellten dynamischen Optimierungsproblems in mehrere einzelne Probleme. Bei jedem dieser Probleme werden die zum ENZ  $t$  relevanten Größen barwertig auf den Zeitpunkt  $t$  bezogen, so dass man exakterweise von einer barwertigen, zeitpunktbezogenen Optimierung sprechen muss. Es wird hierbei unterstellt, dass die Portfolios über den Planungshorizont konstant bleiben. Die ex-ante Berücksichtigung der späteren

Anpassbarkeit wird daher ignoriert. Die auf Formel (3.5) basierende angepasste Zielfunktion findet sich im Anhang AH.1. Im Gegensatz zur exakten closed-loop-Optimierung erfolgt die Lösung des dynamischen Optimierungsproblems auf diese Weise zeitspezifisch, wodurch mögliche intertemporale Interdependenzen zwischen den ENZ  $t$  nicht berücksichtigt werden. Dadurch ergibt sich ein heuristischer Charakter der Lösung. Die detaillierte Vorgehensweise zur ITSP-Optimierung zu jedem ENZ  $t$  und zur Ermittlung der benötigten Parameter findet sich ebenfalls im AH.1.

## 4 Fallbeispiel und Ergebnisinterpretation

Das in Kapitel 3 beschriebene Vorgehen wird im Weiteren am Beispiel eines Finanzdienstleisters dargestellt, wobei die Erläuterung aus Vertraulichkeitsgründen anonymisiert sowie die verwendeten Zahlen leicht modifiziert wurden.

### 4.1 Einführung in das Fallbeispiel

Der Finanzdienstleister ist als Multikanalbank im deutschen Markt positioniert. Zur Standardisierung und Verbesserung seiner Prozesse will er u.a. die IT-Landschaft verstärkt nach dem Vorbild SOA umbauen. Dabei sollen einzelne Prozessaktionen der Beratungs- und Verkaufsprozesse durch IT-Services unterstützt werden. Zur Umsetzung von durch die Fachbereiche mit entsprechenden Business Cases angeforderten IT-Investitionen führt der betrachtete Finanzdienstleister pro Jahr zwei Releases durch. Der Begriff Release bezeichnet im hier betrachteten Kontext die Implementierung einer oder mehrerer genehmigter Investitionen in IT-Services. Pro Release steht dabei zu jedem ENZ  $t$  ein Budget an GE für Spezifikation, Entwicklung, Test und Einführung neuer IT-Services (exklusive laufender Kosten) zur Verfügung (siehe Tabelle 2).

Tab. 2 Zur Verfügung stehendes Budget

Entscheidungszeitpunkt $t$	$t = 0$	$t = 1$	$t = T = 2$
Budget $B_t$ in GE	2000	3000	3000

Zum ersten ENZ  $t = 0$  steht die Neugestaltung des Kontoeröffnungsprozesses im Fokus. Exemplarisch werden aus diesem Prozess die Prozessaktionen „Adressdaten prüfen“, „SCHUFA/InfoScore Auskunft erfassen“ und „Konto bei SCHUFA einmelden“ herausgegriffen. Für das nächste Release stehen zum ENZ  $t = 1$  im Kontext des Aufbaus eines Dashboards (online Applikation zur Visualisierung von Informationen) mit Entscheidungshilfen für den Wertpapierhandel die Prozessaktionen „Analystenbewertung anzeigen“, „Aktiensignale anzeigen“ sowie „Charts anzeigen“ zur Auswahl. Zum letzten hier betrachteten ENZ  $t = T = 2$  haben die Fachbereiche im Zusammenhang mit dem Aufbau eines Internet Client-Filial-Systems mit integriertem Customer Relationship Management (CRM)-Tool IT-Services zur Umsetzung der Prozessaktionen „Identitätscheck durchführen“,

„Chancen/Risiken ermitteln“ und „Email Kampagne starten“ angefordert.

Jede dieser Prozessaktionen kann jeweils von einem identifizierten IT-Service durchgeführt werden, der entweder von der eigenen IT-Tochter oder von zwei externen Lieferanten (z.B. SCHUFA, die einen Zugriff mittels XML-Gateway anbietet) stammt. Die Summe der zur Umsetzung der angeforderten IT-Services benötigten GE übersteigt jedoch das zu den ENZ zur Verfügung stehende Budget um bis zu 50%, so dass neu zu entwickelnde bzw. von externen Lieferanten einzukaufende IT-Services anhand der eingereichten Business Cases ausgewählt werden müssen. Der Finanzdienstleister steht somit zu jedem ENZ vor der Frage, welche identifizierten IT-Services bis zum nächsten EFZ realisiert werden sollen und ob diese von einem oder mehreren Lieferanten anteilig bezogen werden sollen. Als Entscheidungsgrundlage dienen ihm hierzu die in den Business Cases zur Verfügung gestellten Daten, aus denen hervorgeht, wie häufig ein IT-Service voraussichtlich benötigt wird, mit welcher Wahrscheinlichkeit er nachgefragt wird und welche Einzahlungsüberschüsse pro Servicenutzung zu erwarten sind. Die Preise für die IT-Services können darüber hinaus relativ einfach anhand von Angeboten der Lieferanten bzw. durch Verrechnungspreise der IT-Tochter ermittelt werden. Gleiches gilt für die Zuverlässigkeit und damit für die erwarteten Verfügbarkeitswahrscheinlichkeiten. Hier sichern die Lieferanten in den angeforderten SLA eine mittlere Verfügbarkeit (ggf. mit Schwankungsbreite) zu. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die zu ermittelnden Variablen und mögliche Informationsquellen. Auf Basis dieser Daten wurden für den Finanzdienstleister mit einem Kalkulationszinssatz von  $i_{kalk} = 0,10$  die Inputparameter  $\hat{\mu}_{\tau,m,n}$  und  $\hat{\sigma}_{\tau,m,n}$  zum ENZ  $t = 0$  ermittelt. Zur Veranschaulichung zeigt Tabelle 3 einen Ausschnitt der Ergebnisse.

**Tab. 3** Ausschnitt der berechneten Inputparameter  $\hat{\mu}_{\tau,m,n}$  und  $\hat{\sigma}_{\tau,m,n}$  für  $t = 0$

Zeitpunkt $\tau = t + 1$	$\tau = 1$			...	$\tau = T_m = 6$		
Lieferant $n$	Lieferant 1	Lieferant 2	Lieferant 3		Lieferant 1	Lieferant 2	Lieferant 3
Erwarteter Barwert $\hat{\mu}_{\tau,1,n}$	1036,66	932,05	1216,19		965,57	868,31	1133,13
Erwarteter Barwert $\hat{\mu}_{\tau,2,n}$	856,67	924,05	1055,33		607,92	655,81	748,98
Erwarteter Barwert $\hat{\mu}_{\tau,3,n}$	917,87	983,65	1063,89		607,92	651,52	704,69
Standardabweichung $\hat{\sigma}_{\tau,1,n}$	2,09	2,26	1,57		1,95	2,10	1,46
Standardabweichung $\hat{\sigma}_{\tau,2,n}$	1,22	1,30	2,21		0,86	0,92	1,57
Standardabweichung $\hat{\sigma}_{\tau,3,n}$	2,05	2,40	3,84		1,35	1,59	2,54

## 4.2 Anwendung und Ergebnisinterpretation

Mit Hilfe dieser zusammen mit dem Finanzdienstleister ermittelten Datenbasis wurde nunmehr die in Kapitel 3.2 (vgl. Anhang AH.1) beschriebene Vorgehensweise durchgeführt. Zur Veranschaulichung werden die Ergebnisse für einen risikoneutralen (siehe Tabelle 4), einen risikoaversen (siehe Tabelle 5) sowie stark risikoaversen Entscheider (siehe Tabelle 6) dargestellt. Dabei geben die Werte in den Zellen die ermittelten Anteile an den Durchführungen eines identifizierten IT-Service bezogen auf dessen ab dem EFZ  $t+1$  erwartete Nachfrage an (vgl. Annahme A.3). So soll z.B. der IT-Service des Lieferanten 3 ab dem EFZ  $t=1$  die IT-Unterstützung für 100% der Durchführungen der Prozessaktion 1 erbringen (siehe Tabelle 4). Weiß dargestellte Zellen beinhalten dabei die zum ENZ  $t$  ermittelten Anteile identifizierter IT-Services, grau hinterlegte Zellen sind entweder zum ENZ  $t$  noch nicht zu betrachten bzw. enthalten Anteile bereits realisierter IT-Services, welche als bis zum Ende der Laufzeit bzw. bis zu dessen Entfernung als konstant erachtet werden (vgl. Annahme A.3).

Tab. 4 Ergebnistableau im Fallbeispiel für  $b = 0$  (risikoneutraler Entscheider)

Entscheidungszeitpunkt $t$	$t = 0$			$t = 1$			$t = 2$		
	Lieferant 1	Lieferant 2	Lieferant 3	Lieferant 1	Lieferant 2	Lieferant 3	Lieferant 1	Lieferant 2	Lieferant 3
Prozessaktion 1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Prozessaktion 2	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Prozessaktion 3	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Prozessaktion 4	-	-	-	0	1	0	0	1	0
Prozessaktion 5	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Prozessaktion 6	-	-	-	0	1	0	0	1	0
Prozessaktion 7	-	-	-	-	-	-	0	0	1
Prozessaktion 8	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Prozessaktion 9	-	-	-	-	-	-	0	0	1
Ausgeschöpftes Budget	2000 (100%)			3000 (100%)			2800 (93,3%)		

Tab. 5 Ergebnistableau im Fallbeispiel für  $b = 40$  (risikoaverser Entscheider)

Entscheidungszeitpunkt $t$	$t = 0$			$t = 1$			$t = 2$		
	Lieferant 1	Lieferant 2	Lieferant 3	Lieferant 1	Lieferant 2	Lieferant 3	Lieferant 1	Lieferant 2	Lieferant 3
Prozessaktion 1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Prozessaktion 2	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Prozessaktion 3	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Prozessaktion 4	-	-	-	0	0	1	0	0	1
Prozessaktion 5	-	-	-	0	1	0	0	1	0
Prozessaktion 6	-	-	-	0	0	0	0,39	0,61	0
Prozessaktion 7	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Prozessaktion 8	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Prozessaktion 9	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Ausgeschöpftes Budget	2000 (100%)			2900 (96,7%)			2400 (80%)		

Tab. 6 Ergebnistableau im Fallbeispiel für  $b = 80$  (stark risikoaverser Entscheider)

Entscheidungszeitpunkt $t$	$t = 0$			$t = 1$			$t = 2$		
	Lieferant 1	Lieferant 2	Lieferant 3	Lieferant 1	Lieferant 2	Lieferant 3	Lieferant 1	Lieferant 2	Lieferant 3
Prozessaktion 1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Prozessaktion 2	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Prozessaktion 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prozessaktion 4	-	-	-	0	0	0	0	0	1
Prozessaktion 5	-	-	-	0,25	0,75	0	0,25	0,75	0
Prozessaktion 6	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Prozessaktion 7	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Prozessaktion 8	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0
Prozessaktion 9	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Ausgeschöpftes Budget	2000 (100%)			1700 (56,7%)			1700 (65,7%)		

Dabei fallen insbesondere drei Ergebnisse auf:

### 1. *Diversifikation*

Der risikoneutrale Entscheider (und dies wäre auch die bisherige Entscheidung des Finanzdienstleisters gewesen) würde für jede Prozessaktion ausschließlich den barwertmaximalen IT-Service einbinden und einen realisierten IT-Service immer in vollem Umfang an einen Lieferanten vergeben. Je stärker der Entscheider auf das Risiko achtet, desto vorsichtiger investiert und umso mehr diversifiziert dieser. Während bei Risikoaversion bereits für eine Prozessaktion (Prozessaktion 6 in Tabelle 5) zwei Lieferanten einbezogen werden, sind bei starker Risikoaversion zwei Prozessaktionen (Prozessaktionen 5 und 8 in Tabelle 6) von IT-Services zweier Lieferanten unterstützt. Dies verdeutlicht, dass die Diversifikation des Ausfallrisikos mit steigender Risikoaversion an Bedeutung gewinnt.

### 2. *IT-Service Auswahl und Ausschöpfung des Budgets*

Die vom risikoneutralen Entscheider gewählten IT-Services mit dem höchsten Barwert bei gleichzeitig höherem Ausfallrisiko nehmen mit steigender Risikoaversion nur noch einen geringen Anteil am ITSP ein. Zudem nimmt die Ausschöpfung der zur Verfügung stehenden Budgets mit steigender Risikoaversion stetig ab, d.h. es werden weniger Prozessaktionen von IT-Services unterstützt und potenzielle Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerungen werden nicht realisiert.

### 3. *Portfoliorisiko*

Die Aggregation der periodischen ITSP-Optimierungen (vgl. Schritt 3 der im Anhang AH.1 dargestellten Vorgehensweise) ergibt für den risikoneutralen, risikoaversen sowie stark risikoaversen Entscheider den erwarteten Barwert des ITSP, das Portfoliorisiko und den Zielfunktionswert (siehe Tabelle 7).

Tab. 7 Aggregation der periodischen ITSP-Optimierungen

Risikoeinstellung	<i>risikoneutral</i>	<i>risikoavers</i>	<i>stark risikoavers</i>
Risikoaversionsparameter $b$	0	40	80
Erwarteter Barwert $\hat{\mu}_P$	34984,81	24674,97	18628,28
Portfoliorisiko $\hat{\sigma}_P^2$	1871,10	718,82	397,54
Zielfunktionswert $\varphi(\hat{\mu}_P, \hat{\sigma}_P)$	34984,81	10298,43	2726,68
Ertrag/Risiko $\hat{\mu}_P / \hat{\sigma}_P^2$	18,70	34,33	46,86

Es wird deutlich, dass die sinkende Risikoposition des ITSP durch einen niedrigeren erwarteten Barwert „erkauft“ wird. Betrachtet man jedoch das Verhältnis von Ertrag zu Risiko zeigt sich, dass der risikoneutrale Entscheider einen wesentlich schlechteren Ertrag pro Einheit Risiko erzielt als der risikoaverse bzw. stark risikoaverse Entscheider. Bei z.B. knappem Eigenkapital zur Risikounterlegung kann das bei Risikoaversion günstigere Verhältnis von Ertrag zu Risiko in vielen Fällen vorteilhaft sein. Im Gegensatz zum vorgestellten Vorgehensmodell, gehen allgemeine Verfahren zur Investitionsbewertung oftmals davon aus, dass keine Diversifikationseffekte existieren (vgl. Diskussion in Kapitel 2). Um diesen Effekt zu untersuchen, wurde eine ITSP-Optimierung mit fiktiv unterstellten Korrelationskoeffizienten von  $\rho(s_{m,n_i}, s_{m,n_j}) = 1$  sowie  $\rho(s_{m_k,n}, s_{m_l,n}) = 1$  (vgl. Annahmen A.9 und A.10) durchgeführt. Nach der Aggregation der periodischen ITSP-Optimierungen ergab sich z.B. für  $b = 40$  mit den im Fallbeispiel zugrundegelegten Daten ein über 9% niedrigerer Zielfunktionswert von  $\varphi(\hat{\mu}_P, \hat{\sigma}_P) = 9319,25$ .

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine Berücksichtigung des Ausfallrisikos im ITSP und damit die Durchführungen einzelner Prozessaktionen durch mehrere interne und/oder externe Lieferanten umso wichtiger ist, je höher die zugrunde gelegte Ausprägung des Risikoaversionsparameters ist. Für den Finanzdienstleister wurde transparent, dass die im Zuge der Umstellung auf eine SOA geplante Konzentration auf ausschließlich einen Lieferanten pro IT-Service nicht wie erhofft uneingeschränkt positiv zu beurteilen ist: Dem Effekt der Kosteneinsparung steht eine erhöhte Risikoposition entgegen, die jenen sogar mehr als aufwiegt. Gerade bei den für die Kunden sichtbaren und u.U. erfolgskritischen Prozessaktionen „Aktiensignale anzeigen“ und „Chancen/Risiken ermitteln“ trug diese Erkenntnis zur Entscheidung bei, je Prozessaktion – trotz höherer Kosten – zwei Lieferanten (stark risikoaverse Lösung) einzubinden. Die Ergebnisse spiegeln somit auch den Einfluss der Risikoaversion des Entscheiders auf die Entscheidungsfindung wieder, wobei die hier erzielten Ergebnisse stark von der individuellen Situation des betrachteten

Finanzdienstleisters abhängig sind (vgl. March und Shapira 1987). Zudem sind einige Erkenntnisse z.T. aus der gewählten Modellierung heraus zu erklären. Aus diesem Grund ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse im Einzelfall individuell und kritisch zu beurteilen.

## **5 Zusammenfassung, Implikationen und Ausblick**

Im Beitrag wurde ein quantitatives, mehrperiodiges Vorgehensmodell entwickelt, welches eine Priorisierung der zur Auswahl stehenden IT-Services ermöglicht. Anschließend wurde ein Entscheidungskalkül zur heuristischen Lösung des Auswahlproblems vorgestellt und die praktische Anwendung an einem Fallbeispiel veranschaulicht.

Die Ergebnisse der Anwendung verdeutlichen, dass mit der heute oftmals üblichen Praxis, einen Prozess vollständig – sowohl hinsichtlich der einzelnen Prozessaktionen, als auch bezüglich der Durchlaufmenge einer Prozessaktion – an einen Lieferanten zu vergeben, ggf. Optimierungspotenzial im Bezug auf das Verhältnis von Ertrag zu Risiko im ITSP verschenkt wird. Dabei konnte im Rahmen des Fallbeispiels bestätigt werden, dass durch Diversifikation die Risikoposition bei Korrelationskoeffizienten  $< 1$  reduziert werden kann. Am Fallbeispiel wird zudem deutlich, dass allgemeine Verfahren, die Abhängigkeiten und mögliche Diversifikationseffekte nicht berücksichtigen (und damit implizit Korrelationskoeffizienten = 1 annehmen), zu einem niedrigeren Zielfunktionswert führen und daher i.d.R. eine Fehlallokation des begrenzten Budgets zu erwarten ist. Desweiteren hängt der Grad der Diversifikation im hier betrachteten Fall entscheidend von der Risikoaversion des Entscheiders ab. Der risikoaverse Entscheider neigt tendenziell dazu, weniger Prozessaktionen von IT-Services unterstützen zu lassen und dadurch potenzielle Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerungen nicht zu realisieren. Gleichfalls diversifiziert dieser stärker zwischen Lieferanten und minimiert somit die Risikoposition des ITSP. Die Ausschöpfung der zur Verfügung stehenden Budgets nimmt dabei mit steigender Risikoaversion tendenziell ab. Die nähere Betrachtung der Risikoposition des ITSP veranschaulicht jedoch, dass der stark risikoaverse Entscheider ein deutlich günstigeres Verhältnis von Ertrag zum damit einhergehenden Risiko als der risikoaverse bzw. risikoneutrale Entscheider erzielt. Allerdings ist zu erwarten, dass die durch das Arrow-Pratt Maß zum Ausdruck gebrachte Risikoaversion in der Praxis nicht unabhängig vom erwarteten Ertrag ist, weshalb diesbezüglich auch alternative Ansätze (z.B. Jewitt 1989) in Betracht gezogen werden könnten. Auch im Zusammenhang mit der dem Vorgehensmodell zugrundeliegenden Portfoliooptimierung nach Markowitz (1952) ergeben sich weitere in der Literatur bereits häufig diskutierte Einschränkungen (vgl. Asundi und Kazman 2001; Kersten und Verhoef 2003; Verhoef 2002; Zimmermann et al. 2008). Diese umfassen z.B. die Liquidität der betrachteten IT-Investitionsgegenständen (vgl. Kapitel 1), z.T. vernachlässigte Transaktionskosten (vgl. Annahme A.4) oder alternative (z.B. asymmetrische) Risikomaße



(vgl. Steinbach 2001). Diese Einschränkungen bieten zahlreiche Ansatzpunkte für weitere Forschungsarbeiten.

Ebenso ist die Erhebung der Inputparameter kritisch zu betrachten (vgl. Braunwarth und Heinrich 2008; Buhl und Heinrich 2008), wobei im vorliegenden Beitrag ein möglicherweise opportunistisches Verhalten der Fachbereiche und somit eine bewusste Manipulation der Datenbasis vereinfachend ausgeschlossen wurde. Neben den Implementierungs- bzw. Einbindungskosten sind für jeden IT-Service die erwartete Nachfrage, der Einzahlungsüberschuss bei erfolgreicher Durchführung bzw. zusätzliche Auszahlungen im Falle der Nichtverfügbarkeit des IT-Service und der Preis zu ermitteln. Während sich diese Größen verhältnismäßig leicht bestimmen lassen, bestehen Schwierigkeiten vor allem bei der Bestimmung des Erwartungswerts sowie der Standardabweichung bezüglich den Wahrscheinlichkeiten der Verfügbarkeit der IT-Services und den Korrelationen zwischen diesen. Durch Sensitivitätsanalysen bezüglich der erwarteten Nachfrage, des Einzahlungsüberschusses sowie der Wahrscheinlichkeit der Verfügbarkeit der IT-Services und deren Korrelationen ließ sich jedoch zeigen, dass bei Schwankungen im Bereich von ca. 5% die fixen Investitionsauszahlungen zur Implementierung bzw. Einbindung der IT-Services das ermittelte Ergebnis stabilisieren. Gerade weiche „Übergänge“ zwischen Portfolios, bei denen ein neuer Lieferant nur zu geringem Teil im ITSP berücksichtigt wird, treten deshalb bei kleineren Schwankungen der Parameter selten auf (vgl. Braunwarth und Heinrich 2008, S. 107 f.). Bei größeren Schwankungen im Bereich von 15% bis 25% ergeben sich allerdings z.T. auch deutlichere Abweichungen vom zuvor ermittelten Ergebnis. Die Übertragbarkeit dieser auf einer einzelnen Fallstudie basierenden Erkenntnisse auf andere Unternehmen hängt zudem stark von der jeweiligen Situation im Unternehmen ab und ist deshalb kritisch zu diskutieren. Weitere Forschungsarbeiten sollten deshalb die hier erzielten Ergebnisse sowohl durch zusätzliche Fallstudien als auch durch umfangreiche Simulationen validiert werden. Allerdings ist der hier verwendete Algorithmus zur ITSP-Optimierung relativ rechenintensiv. Die wiederholten Berechnungen, bedingt durch die Anwendung des „Add“- und „Subtract“-Algorithmus sowie das Knapsackproblem (vgl. Anhang AH.1), bieten Ansatzpunkte zur Effizienzsteigerung. Die Autoren beabsichtigen effizientere Algorithmen und zur Qualität der Daten passende Heuristiken zu entwickeln und diese an umfangreicheren Datensätzen zu evaluieren.

Trotz des diskutierten weiteren Forschungsbedarfs schafft der vorliegende Beitrag erste theoretische und praktische Grundlagen: Neben der theoretischen Analyse des Zusammenhangs zwischen der Risikoaversion des Entscheiders und den sich daraus ergebenden Diversifikationseffekten in ITSP wurde ein erster – entsprechend des aufgezeigten Forschungsbedarfs zukünftig weiter zu entwickelnder – Ansatz zur Optimierung

der Portfoliozusammensetzung bei Abhängigkeiten zwischen Portfoliopositionen und Lieferanten vorgestellt, wie sie u.a. auch in Programmportfolien, Engineeringaktivitäten oder den hier betrachteten SOA vorzufinden sind.

## Literatur

Arrow KJ (1965) Aspects of the theory of risk bearing, Helsinki

Asundi J, Kazman R (2001) A foundation for the economic analysis of software architectures. In: Proceedings of the 3rd Workshop on Economics-Driven Software Engineering Research, Toronto

Bamberg G, Dorfleitner G, Krapp M (2006) Unternehmensbewertung unter Unsicherheit: Zur entscheidungstheoretischen Fundierung der Risikoanalyse. Z. Betriebswirtschaft 76(3): 287-307

Bardhan I, Bagchi S, Sougstad R (2004) Prioritizing a portfolio of information technology investment projects. J. Manage. Inf. Syst. 21(2):33-60

Bellman RE (1957) Dynamic programming. Princeton

Benaroch M, Kauffman RJ (1999) A case for using real options pricing analysis to evaluate information technology project investments. Inform. Syst. Res. 10(1):70-86

Blodig C, Heinrich B, Wehrmann A (2006) Wirtschaftlichkeitsanalyse bei der Einführung und Gestaltung von Wissensmanagementsystemen am Beispiel der Kundenserviceprozesse einer Automobilbank. In: Lehner F, Nösekabel H, Kleinschmidt P (Hrsg) Multikonferenz Wirtschaftsinformatik. Passau, 473-486

Boles D, Schmees M (2003) Kostenpflichtige Web-Services. In: Uhr W, Esswein W, Schoop E (Hrsg) Wirtschaftsinformatik 2003: Medien - Märkte – Mobilität. Heidelberg, 385-403

Brandl R, Bichler M, Ströbel M (2007) Cost accounting for shared IT infrastructures estimating resource utilization in distributed IT architectures. WIRTSCHAFTSINF 49(2):83-94

Braunwarth KS, Friedl B (2010) Towards a financially optimal design of IT services. In: 31st International Conference on Information Systems, St. Louis

Braunwarth KS, Heinrich B (2008) IT-Service-Management - Ein Modell zur Bestimmung der Folgen von Interoperabilitätsstandards auf die Einbindung externer IT-Dienstleister. WIRTSCHAFTSINF 50(2):98-110

Buhl HU, Heinrich B (2008) Valuing customer portfolios under risk-return-aspects: a model-based approach and its application in the financial service industry. Acad. Market. Sci. Rev. 12(5)

Buhl HU, Röglinger M, Stöckl S, Braunwarth KS (2011) Wertorientierung im Prozessmanagement. WIRTSCHAFTSINF 53(3):159-169

Coenenberg A, Salfeld R (2003) Wertorientierte Unternehmensführung. Stuttgart

de Reyck B, Grushka-Cockayne Y, Lockett M, Calderinia SR, Mouraa M, Sloperb A (2005) The impact of project portfolio management on information technology projects. Int. J. Proj. Manag. 23(7):524-537

Diao Y, Bhattacharya K (2008) Estimating business value of IT services through process complexity analysis. In: Proceedings of the 11th IEEE/IFIP Network Operation and Management Symposium, Salvador de Bahia

Diepold D, Ullrich C, Wehrmann A, Zimmermann S (2011) Bewertung intertemporalen Abhängigkeiten zwischen IT-Projekten. Z. Betriebswirtschaft 81(7/8):805-831

- Dörner W (2003) IT-Investitionen, Investitionstheoretische Behandlung von Unsicherheit, Hamburg
- Dreifus F, Leyking K, Loos P (2007) Systematisierung der Nutzenpotentiale einer SOA. In: Nissen V, Petsch M, Schorcht H (Hrsg) Service-orientierte Architekturen: Chancen und Herausforderungen bei der Flexibilisierung und Integration von Unternehmensprozessen. Wiesbaden, 19-38
- Erl T (2005) Service-oriented architecture: concepts, technology, and design. New Jersey
- Gebauer J, Lee F (2008) Enterprise system flexibility and implementation strategies – aligning theory with evidence from a case study. Inform. Syst. Manag. 25(1):71-82
- Gebauer J, Schober F (2006) Information system flexibility and the cost efficiency of business processes. J. Assoc. Inform. Syst. 7(3):122-147
- Hawes WM, Duffey MR (2008) Formulation of financial valuation methodologies for NASA's human spaceflight projects. Proj. Manag. J. 39(1):85-94
- Helmke S, Dangelmaier W (2008) Ganzheitliches CRM-Audit für eine erfolgreiche Einführung von CRM. In: Helmke S, Uebel MF, Dangelmaier W (Hrsg) Effektives Customer Relationship Management. Wiesbaden, 289-300
- Iqbal M, Nieves M, Taylor S (2007) Service strategy. London
- IT Governance Institute (2008) IT Governance Global Status Report. Rolling Meadows
- Jeffery M, Leliveld I (2004) Best practices in IT portfolio management. MIT Sloan Manage. Rev. 45(3):41-49
- Jewitt I (1989) Choosing between risky prospects: The characterization of comparative statics results, and location independent risk. Manage. Sci. 35(1):60-70
- Kargl H (2000) IV-Strategie. In: Dobschütz L, Barth M, Jäger-Goy H, Kütz M, Möller HP (Hrsg) IV-Controlling: Konzepte - Umsetzung - Erfahrungen. Wiesbaden, 39-74
- Kersten B, Verhoef C (2004) IT portfolio management: A banker's perspective on IT. Cutter IT J. 16(4):27-33
- Kesten R, Müller A, Schröder H (2007) IT-Controlling: Messung und Steuerung des Wertbeitrags der IT. München
- Kontogiannis K, Lewis G, Smith D (2007) The landscape of service-oriented systems: a research perspective for maintenance and reengineering. In: Proceedings of the Workshop on Service-Oriented Architecture Maintenance, Amsterdam
- Krafzig D, Banke K, Slama D (2007) Enterprise SOA – Service-oriented architecture best practices. New Jersey
- Lacity M, Willcocks L (2003) IT sourcing reflections - lessons for customers and suppliers. WIRTSCHAFTSINF 45(2):115-125
- Maizlish B, Handler R (2005) IT portfolio management: unlocking the business value of technology. New York
- March JG, Shapira Z (1987) Managerial perspectives on risk and risk taking. Manage. Sci. 33(11):1404-1418
- Markowitz HM (1952) Portfolio selection. J. Fin. 7(1):77-91
- Pahlke I, Wolf M, Beck R (2010) Enterprise-Mashup-Systeme als Plattform für situative Anwendungen. WIRTSCHAFTSINF 52(5):299-309

- Papazoglou MP (2003) Service-oriented computing: concepts, characteristics and directions. In: Proceedings of the 4th International Conference on Web Information Systems Engineering, Rom
- Pratt JW (1964) Risk aversion in the small and in the large. *Econometrica* 32(1/2):122-136
- Prokein O (2008) IT-Risikomanagement - Identifikation, Quantifizierung und wirtschaftliche Steuerung. Wiesbaden
- Reichmayr C (2003) Collaboration und Webservices: Architekturen, Portale, Techniken und Beispiele. Berlin
- Rud D, Mencke S, Schmietendorf A, Dumke R (2007) Granularitätsmetriken für serviceorientierte Architektur. In: Tagungsband zum DASMA Metrik Kongress 2007, Kaiserslautern
- Schelp J, Winter R (2007) Towards a methodology for service construction. In: Proceedings of 40th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii
- Schlittgen R (2003) Einführung in die Statistik. München
- Schneeweiß H (1967) Entscheidungskriterien bei Risiko. Berlin
- Setzer T, Bhattacharya K, Ludwig H (2008) Decision support for service transition management. In: Proceedings of the 11th IEEE/IFIP Network Operation and Management Symposium, Salvador de Bahia
- Singh MP, Huhns MN (2005) Service-oriented computing: semantics, processes, agents. Chichester
- Steinbach MC (2001) Markowitz revisited: Mean-variance models in financial portfolio analysis. *SIAM Review* 43(1):31-85
- Thomas O, vom Brocke J (2010) A value-driven approach to the design of service oriented information systems - making use of conceptual models. *Inform. Syst. E. Bus. Manag.* 8(1):67-97
- Trienekens JJM, Bouman JJ, van der Zwan M (2004) Specification of service level agreements: problems, principles and practices. *Software Qual J* 12(1):43-57
- Verhoef C (2002) Quantitative IT portfolio management. *Sci. Comp. Prog.* 45(1):1-96
- vom Brocke J, Sonnenberg C (2007) Serviceorientiertes Prozesscontrolling - Unternehmensindividuelle Wirtschaftlichkeitsrechnungen zur Nutzung serviceorientierter Architekturen bei der Prozessgestaltung. In: Nissen V, Petsch M, Schorcht H (Hrsg) Serviceorientierte Architekturen: Chancen und Herausforderungen bei der Flexibilisierung und Integration von Unternehmensprozessen. Wiesbaden, 185-204
- vom Brocke J, Sonnenberg C, Simons A (2009) Wertorientierte Gestaltung von Informationssystemen: Konzeption und Anwendung einer Potenzialmodellierung am Beispiel Serviceorientierter Architekturen. *WIRTSCHAFTSINF* 51(3):261-272
- Wehrmann A, Heinrich B, Seifert F (2006) Quantitatives IT-Portfoliomanagement: Risiken von IT-Investitionen wertorientiert steuern. *WIRTSCHAFTSINF* 48(4):234-245
- Zimmermann S (2008a) Governance im IT-Portfoliomanagement - Ein Ansatz zur Berücksichtigung von Strategic Alignment bei der Bewertung von IT. *WIRTSCHAFTSINF* 50(5):357-365
- Zimmermann S (2008b) IT-Portfoliomanagement - Ein Konzept zur Bewertung und Gestaltung von IT. *Inf. Spektr.* 31(5):460-468
- Zimmermann S, Katzmarzik A, Kundisch D (2008) IT sourcing portfolio management for IT services providers – A risk/cost perspective. In: 29th International Conference on Information Systems, Paris

## Anhang

### AH.1 Heuristisches Vorgehen zur Anwendung des Modells in der Praxis

Die ITSP-Optimierung erfolgt zu jedem ENZ  $t$  mittels der folgenden Zielfunktion:

$$(3.6) \quad \varphi(\mu_{t,P}, \sigma_{t,P}) = \mu_{t,P} - \frac{b}{2} \cdot \sigma_{t,P}^2 \rightarrow \max!$$

unter den Nebenbedingungen:

$$x_{\tau,m,n} = x_{h,m,n} = \text{konst.} > 0 \forall \tau - 1 \leq h \leq T_m, m, n, \text{ falls } h \geq 0,$$

wobei  $h$  definiert ist als  $h = \min\{v \in \{t, \dots, T_m\} : x_{v,m,n} > 0\}$  und

$$\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N I_{m,n} \cdot \left(1 - \text{sgn}\left[1 - \text{sgn}\left[x_{t,m,n}\right]\right] + \text{sgn}\left[x_{t-1,m,n}\right]\right) \leq B_t.$$

1. [Ermittlung von  $\mu_{t,P}$  und  $\sigma_{t,P}^2$ ] Da mit Hilfe der Zielfunktion (3.6) eine Optimierung ausschließlich zum ENZ  $t$  erfolgt, ist es für die Bestimmung der optimalen Portfolios im Vergleich zur Zielfunktion (3.5) mit  $\mu_p$  gemäß (3.2) und  $\sigma_p^2$  gemäß (3.4) nicht notwendig, über alle ENZ  $t$  zu einem  $\mu_p$  zu aggregieren. Vielmehr genügt es, für jeden ENZ  $t$  den zugehörigen erwarteten Barwert des ITSP  $\mu_{t,P}$  und dessen  $\sigma_{t,P}^2$  zu bestimmen. Bei der ITSP-Optimierung gemäß der Zielfunktion (3.6) ergibt sich somit der über alle Prozessaktionen und Lieferanten aggregierte, auf den ENZ  $t$  diskontierte, erwartete Barwert  $\mu_{t,P}$  des ITSP aus der um die Investitionsauszahlungen neu angeforderter IT-Services reduzierten Summe der gewichteten erwarteten Barwerte der periodischen Zahlungsüberschüsse  $\hat{\mu}_{\tau,m,n}$  aller zu berücksichtigenden bereits realisierten sowie neu angeforderten IT-Services  $s_{m,n}$ :

$$(3.7) \quad \mu_{t,P} = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \sum_{\tau=t+1}^{T_m} \left( x_{\tau,m,n} \cdot a_{\tau,m,n} \cdot \hat{\mu}_{\tau,m,n} - I_{m,n} \cdot \left(1 - \text{sgn}\left[1 - \text{sgn}\left[x_{\tau,m,n}\right]\right] + \text{sgn}\left[x_{\tau-1,m,n}\right]\right) \right)$$

unter den Nebenbedingungen:

$$x_{\tau,m,n} = x_{h,m,n} = \text{konst.} > 0 \forall \tau - 1 \leq h \leq T_m, m, n, \text{ falls } h \geq 0,$$

wobei  $h$  definiert ist als  $h = \min\{v \in \{t, \dots, T_m\} : x_{v,m,n} > 0\}$ .

Die erwarteten Barwerte der periodischen Zahlungsüberschüsse  $\hat{\mu}_{\tau,m,n}$  lassen sich dabei durch:

$$(3.8) \quad \hat{\mu}_{\tau,m,n} = \frac{d_{\tau,m} \cdot q_{\tau,m} \cdot \left(E(\tilde{w}_{m,n}) \cdot r_{\tau,m,n} + (1 - E(\tilde{w}_{m,n})) \cdot (r_{\tau,m,n} - k_{\tau,m,n})\right)}{(1 + i_{\text{kalk}})^{\tau-t}}$$

ermitteln, wobei zu beachten ist, dass im Unterschied zu Formel (3.1) eine Diskontierung der vorschüssigen Zahlungsüberschüsse auf den jeweiligen ENZ  $t$  anstatt auf den einheitlichen Zeitpunkt  $t = 0$  erfolgt. Das zugehörige Portfoliorisiko ergibt sich analog zu Formel (3.4) aus der Summe der gewichteten Kovarianzen:

$$(3.10) \quad \sigma_{t,P}^2 = \sum_{m_k=1}^M \sum_{n_l=1}^N \sum_{\tau_p=t+1}^{T_{m_k}} \sum_{m_l=1}^M \sum_{n_j=1}^N \sum_{\tau_q=t+1}^{T_{m_l}} x_{\tau_p, m_k, n_l} \cdot a_{\tau_p, m_k, n_l} \cdot x_{\tau_q, m_l, n_j} \cdot a_{\tau_q, m_l, n_j} \cdot \hat{\sigma}_{\tau_p, m_k, n_l} \cdot \hat{\sigma}_{\tau_q, m_l, n_j} \cdot \rho(s_{m_k, n_l}, s_{m_l, n_j})$$

unter den Nebenbedingungen:

$$x_{\tau, m, n} = x_{h, m, n} = \text{konst.} > 0 \forall \tau - 1 \leq h \leq T_m, m, n, \text{ falls } h \geq 0,$$

$$\text{wobei } h \text{ definiert ist als } h = \min\{v \in \{t, \dots, T_m\} : x_{v, m, n} > 0\},$$

wobei sich die zur Ermittlung des Portfoliorisikos notwendige Standardabweichung  $\hat{\sigma}_{\tau, m, n}$  wie folgt berechnen lässt:

$$(3.11) \quad \hat{\sigma}_{\tau, m, n} = \frac{d_{\tau, m} \cdot q_{\tau, m} \cdot k_{\tau, m, n}}{(1 + i_{\text{kalk}})^{\tau-t}} \cdot \sqrt{\text{Var}(\tilde{w}_{m, n})}.$$

Die Diskontierung erfolgt dabei wiederum auf den ENZ  $t$ .

2. [Durchführung der ITSP-Optimierung] Um die in (3.6) formulierte Zielfunktion approximativ zu erfüllen, sind zu jedem ENZ  $t$  alle möglichen Kombinationen aus potenziell unterstützbaren sowie, aufgrund von Korrelationen zwischen den Verfügbarkeitswahrscheinlichkeiten, der bereits unterstützten Prozessaktionen zu berechnen.<sup>3</sup> Bei jeder dieser Berechnung ergibt sich durch die Einbeziehung der vom tatsächlichen Portfolioanteil eines IT-Services unabhängigen Investitionsauszahlungen eine Sprungstelle, aufgrund derer die Zielfunktion weder stetig noch differenzierbar ist. Daher kann der allgemeine Markowitz-Algorithmus (Markowitz 1952), der üblicherweise für Portfoliooptimierungen angewendet wird, keine Verwendung finden. Kellerer et al. (2000) gehen auf diese Problematik ein und zeigen, dass es sich hierbei um ein NP-hartes Problem handelt. Eine vollständige Enumeration aller möglichen Portfoliokombinationen ist hier kein realisierbarer Weg, da bei  $M$  Prozessaktionen und  $N$  Lieferanten die Kalkulation von  $(2^N - 1)^M$  Portfolios nötig ist, falls die Angebotsmatrix voll besetzt ist. Für jede Kombination kann jedoch auf Basis der in

---

<sup>3</sup> Dies stellt im weiteren Sinne ein Knapsack Problem dar. Auf die effiziente Lösung von Knapsack Problemen i. A. soll im Weiteren nicht näher eingegangen werden, da bereits eine Vielzahl an Heuristiken und Algorithmen zur effizienten Lösung existiert. Einen Überblick liefern hierzu z.B. Kellerer et al. (2004) und Martello und Toth (1990) und z.B. Beier und Vöcking (2004), die aufbauend auf dem Nemhauser/Ullmann Algorithmus (Nemhauser und Ullmann 1969) gezeigt haben, dass Knapsack Probleme der hier vorliegenden Form in der Regel noch in Polynomialzeit lösbar sind.

Schritt 1 ermittelten Inputparameter für  $\hat{\mu}_{\tau,m,n}$  und  $\hat{\sigma}_{\tau,m,n}$  z.B. mit Hilfe des „Add“- und „Subtract“-Algorithmus (vgl. Buhl und Heinrich 2008) eine heuristische Lösung unter Berücksichtigung der Investitionsauszahlungen für das Optimierungsproblem ermittelt werden. Da im Mittelpunkt des Beitrags jedoch die Idee des ITSP steht, wird an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen.

Die Schritte 1 und 2 sind zu jedem ENZ  $t$  bis zum Ende des Planungshorizonts zum Zeitpunkt  $T$  durchzuführen.

3. [Aggregation der Ergebnisse der periodischen ITSP-Optimierungen] Um die Ergebnisse der einperiodigen ITSP-Optimierungen über den gesamten Planungshorizont bis zu dessen Endzeitpunkt  $T$  zu aggregieren, werden die auf  $t=0$  diskontierten Barwerte der gewählten IT-Services über deren gesamte Laufzeit bis zum Zeitpunkt  $T_m$  berechnet. Auf Basis der in Schritt 2 ermittelten Anteilsgewichte aller zu den ENZ  $t$  neu angeforderten IT-Services sowie der Anteilsgewichte der zum Zeitpunkt  $t=0$  bereits realisierten und zum ersten EFZ  $t=1$  noch nicht entfernten IT-Services kann mit Hilfe von Formel (3.2) der erwartete Barwert des ITSP  $\hat{\mu}_p$  und mit Formel (3.4) das Portfoliorisiko  $\hat{\sigma}_p^2$  über alle ENZ  $t$  des Planungshorizonts hinweg ermittelt werden. Mittels des Präferenzfunktions  $\varphi(\hat{\mu}_p, \hat{\sigma}_p) = \hat{\mu}_p - \frac{b}{2} \cdot \hat{\sigma}_p^2$  gemäß des Optimierungsproblems in (3.5) kann somit der Zielfunktionswert in Abhängigkeit von der Risikoeinstellung des Entscheiders bestimmt werden. Hierbei ist der identische Risikoaversionsparameter  $b$  zu verwenden, der auch bei den zugrundeliegenden einperiodigen ITSP-Optimierungen mittels der Zielfunktion (3.6) verwendet wurde.

## Literatur

- Beier R, Vöcking B (2004) Random knapsack in expected polynomial time. J Comput. Sys. Sci. 69(3):306-329
- Buhl HU, Heinrich B (2008) Valuing customer portfolios under risk-return-aspects: a model-based approach and its application in the financial service industry. Acad. Market. Sci. Rev. 12(5)
- Kellerer H, Mansini R, Speranza G (2000) Selecting portfolios with fixed costs and minimum transaction lots. Ann. Oper. Res. 99(1):287-304
- Kellerer H, Pferschy U, Pisinger D (2004) Knapsack Problems. Berlin
- Markowitz HM (1952) Portfolio selection. J. Fin. 7(1):77-91
- Martello S, Toth P (1990) Knapsack problems: algorithms and computer implementations. Chichester
- Nemhauser G, Ullmann Z (1969) Discrete dynamic programming and capital allocation. Manag. Sci. 15(9):494-505

## AH.2 Dem Fallbeispiel zugrundeliegende Daten

Inputdaten der zum ersten ENZ  $t = 0$  identifizierten IT-Services  $s_{m,n}$  für die IT-Unterstützung der Prozessaktionen  $m = 1,2,3$  der Lieferanten  $n = 1,2,3$

Erwartete Nachfrage  $d_{t,m} \cdot q_{t,m}$  nach den Prozessaktionen  $m = 1,2,3$

Zeitpunkt $t$	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 4$	$t = 5$	$t = T_m = 6$
Erwartete Nachfrage $d_{t,1} \cdot q_{t,1}$	7200	8100	10800	10800	10800	10800
Erwartete Nachfrage $d_{t,2} \cdot q_{t,2}$	5950	5100	5525	5950	6375	6800
Erwartete Nachfrage $d_{t,3} \cdot q_{t,3}$	6000	6800	6400	6400	6000	6400

Investitionsauszahlungen  $I_{m,n}$  für die Erstellung bzw. Einbindung eines IT-Service  $s_{m,n}$

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Investitionsauszahlung $I_{1,n}$	1100	1000	1200
Investitionsauszahlung $I_{2,n}$	800	900	800
Investitionsauszahlung $I_{3,n}$	800	1000	1000

Einzahlungsüberschuss  $r_{t,m,n}$  bei erfolgreicher Durchführung des IT-Service  $s_{m,n}$  für  $t = 1, \dots, 6$

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Einzahlungsüberschuss $r_{t,1,n}$	0,16	0,15	0,20
Einzahlungsüberschuss $r_{t,2,n}$	0,16	0,18	0,21
Einzahlungsüberschuss $r_{t,3,n}$	0,17	0,19	0,21

Erwartete Verfügbarkeit  $E(\tilde{w}_{m,n})$  eines IT-Service  $s_{m,n}$  und deren Varianz  $Var(\tilde{w}_{m,n})$

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Erwartete Verfügbarkeit $E(\tilde{w}_{1,n})$ und deren Varianz $Var(\tilde{w}_{1,n})$	0,99 / 0,000020	0,95 / 0,000023	0,93 / 0,000012
Erwartete Verfügbarkeit $E(\tilde{w}_{2,n})$ und deren Varianz $Var(\tilde{w}_{2,n})$	0,99 / 0,000015	0,95 / 0,000012	0,93 / 0,000024
Erwartete Verfügbarkeit $E(\tilde{w}_{3,n})$ und deren Varianz $Var(\tilde{w}_{3,n})$	0,99 / 0,000025	0,95 / 0,000022	0,93 / 0,000032

Auszahlungen  $k_{t,m,n}$  im Falle der Nichtverfügbarkeit eines IT-Service  $s_{m,n}$  für  $t = 1, \dots, 6$  (bereits um etwaige Konventionalstrafen reduziert)

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Kosten bei Ausfall $k_{t,1,n}$	16	15	20
Kosten bei Ausfall $k_{t,2,n}$	15	20	17
Kosten bei Ausfall $k_{t,3,n}$	15	20	22



Inputdaten der zum zweiten ENZ  $t = 1$  identifizierten IT-Services  $s_{m,n}$  für die Unterstützung der Prozessaktionen  $m = 4,5,6$  der Lieferanten  $n = 1,2,3$

Erwartete Nachfrage  $d_{t,m} \cdot q_{t,m}$  nach den Prozessaktionen  $m = 4,5,6$

Zeitpunkt $t$	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 4$	$t = 5$	$t = T_m = 6$
Erwartete Nachfrage $d_{t,4} \cdot q_{t,4}$	9500	11400	14250	14250	15200	15200
Erwartete Nachfrage $d_{t,5} \cdot q_{t,5}$	6800	5950	8750	8500	8500	8500
Erwartete Nachfrage $d_{t,6} \cdot q_{t,6}$	7125	7125	7500	8250	9750	9750

Investitionsauszahlungen  $I_{m,n}$  für die Erstellung bzw. Einbindung eines IT-Service  $s_{m,n}$

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Investitionsauszahlung $I_{4,n}$	900	1000	1200
Investitionsauszahlung $I_{5,n}$	800	900	1100
Investitionsauszahlung $I_{6,n}$	1200	1200	1300

Einzahlungsüberschuss  $r_{t,m,n}$  bei erfolgreicher Durchführung des IT-Service  $s_{m,n}$  für  $t = 2, \dots, 7$

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Einzahlungsüberschuss $r_{t,4,n}$	0,10	0,13	0,15
Einzahlungsüberschuss $r_{t,5,n}$	0,12	0,15	0,19
Einzahlungsüberschuss $r_{t,6,n}$	0,17	0,20	0,23

Erwartete Verfügbarkeit  $E(\tilde{w}_{m,n})$  eines IT-Service  $s_{m,n}$  und deren Varianz  $Var(\tilde{w}_{m,n})$

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Erwartete Verfügbarkeit $E(\tilde{w}_{4,n})$ und deren Varianz $Var(\tilde{w}_{4,n})$	0,99 / 0,000020	0,95 / 0,000023	0,93 / 0,000012
Erwartete Verfügbarkeit $E(\tilde{w}_{5,n})$ und deren Varianz $Var(\tilde{w}_{5,n})$	0,99 / 0,000015	0,95 / 0,000012	0,93 / 0,000024
Erwartete Verfügbarkeit $E(\tilde{w}_{6,n})$ und deren Varianz $Var(\tilde{w}_{6,n})$	0,99 / 0,000025	0,95 / 0,000022	0,93 / 0,000032

Auszahlungen  $k_{t,m,n}$  im Falle der Nichtverfügbarkeit eines IT-Service  $s_{m,n}$  für  $t = 2, \dots, 7$  (bereits um etwaige Konventionalstrafen reduziert)

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Kosten bei Ausfall $k_{t,4,n}$	16	15	20
Kosten bei Ausfall $k_{t,5,n}$	15	20	17
Kosten bei Ausfall $k_{t,6,n}$	15	20	22

Inputdaten der zum dritten ENZ  $t = 2$  identifizierten IT-Services  $s_{m,n}$  für die Unterstützung der Prozessaktionen  $m = 7,8,9$  der Lieferanten  $n = 1,2,3$

Erwartete Nachfrage  $d_{t,m} \cdot q_{t,m}$  nach den Prozessaktionen  $m = 7,8,9$

Zeitpunkt $t$	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 4$	$t = 5$	$t = T_m = 6$
Erwartete Nachfrage $d_{t,7} \cdot q_{t,7}$	7650	8100	10800	11700	12600	13500
Erwartete Nachfrage $d_{t,8} \cdot q_{t,8}$	5525	6375	5950	5950	5525	5525
Erwartete Nachfrage $d_{t,9} \cdot q_{t,9}$	9025	9500	10450	10450	11875	12350

Investitionsauszahlungen  $I_{m,n}$  für die Erstellung bzw. Einbindung eines IT-Service  $s_{m,n}$

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Investitionsauszahlung $I_{7,n}$	1000	1000	1200
Investitionsauszahlung $I_{8,n}$	800	900	900
Investitionsauszahlung $I_{9,n}$	1300	1500	1600

Einzahlungsüberschuss  $r_{t,m,n}$  bei erfolgreicher Durchführung des IT-Service  $s_{m,n}$  für  $t = 3, \dots, 8$

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Einzahlungsüberschuss $r_{t,7,n}$	0,14	0,15	0,18
Einzahlungsüberschuss $r_{t,8,n}$	0,15	0,18	0,20
Einzahlungsüberschuss $r_{t,9,n}$	0,17	0,19	0,21

Erwartete Verfügbarkeit  $E(\tilde{w}_{m,n})$  eines IT-Service  $s_{m,n}$  und deren Varianz  $Var(\tilde{w}_{m,n})$

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Erwartete Verfügbarkeit $E(\tilde{w}_{7,n})$ und deren Varianz $Var(\tilde{w}_{7,n})$	0,99 / 0,000020	0,95 / 0,000023	0,93 / 0,000012
Erwartete Verfügbarkeit $E(\tilde{w}_{8,n})$ und deren Varianz $Var(\tilde{w}_{8,n})$	0,99 / 0,000015	0,95 / 0,000012	0,93 / 0,000024
Erwartete Verfügbarkeit $E(\tilde{w}_{9,n})$ und deren Varianz $Var(\tilde{w}_{9,n})$	0,99 / 0,000025	0,95 / 0,000022	0,93 / 0,000020

Auszahlungen  $k_{t,m,n}$  im Falle der Nichtverfügbarkeit eines IT-Service  $s_{m,n}$  für  $t = 3, \dots, 8$  (bereits um etwaige Konventionalstrafen reduziert)

Lieferant $n$	Lieferant 1 (extern)	Lieferant 2 (extern)	Lieferant 3 (eigene IT-Tochter)
Kosten bei Ausfall $k_{t,7,n}$	16	15	20
Kosten bei Ausfall $k_{t,8,n}$	15	20	17
Kosten bei Ausfall $k_{t,9,n}$	15	18	20

