



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

**UNIA**  
Universität  
Augsburg  
University

Diskussionspapier WI-312

**Ökonomische Planung von  
Prozessverbesserungsmaßnahmen -  
Ein modelltheoretischer Ansatz auf  
Grundlage CMMI-basierter Prozessreifegradmodelle**

von

Nora Kamprath, Maximilian Röglinger

in: Abraham Bernstein und Gerhard Schwabe, Hrsg., Proceedings of the 10th  
International Conference on Wirtschaftsinformatik, Band 1, Zürich, Februar 2011,  
S. 109 - 118

# Ökonomische Planung von Prozessverbesserungsmaßnahmen – Ein modelltheoretischer Ansatz auf Grundlage CMMI-basierter Prozessreifegradmodelle

Nora Kamprath  
FIM Research Center  
University of Augsburg  
Universitätsstraße 12, D-86159 Augsburg  
+49 (0) 821 598 4882

nora.kamprath@wiwi.uni-augsburg.de

Maximilian Röglinger  
FIM Research Center  
University of Augsburg  
Universitätsstraße 12, D-86159 Augsburg  
+49 (0) 821 598 4872

maximilian.roeglinger@wiwi.uni-augsburg.de

## ZUSAMMENFASSUNG

Trotz der Wichtigkeit kontinuierlicher Prozessverbesserungen und der Höhe entsprechender Investitionen, werden Prozessverbesserungsmaßnahmen i. d. R. auf Basis von Plausibilitätsüberlegungen oder Kriterien geplant, die nur bedingt mit marktwirtschaftlichen Unternehmenszielen konform sind. Vor diesem Hintergrund wird ein auf CMMI-basierten Reifegradmodellen beruhendes Optimierungsmodell vorgeschlagen, mit dessen Hilfe sich ermitteln lässt, welche der in einem Reifegradmodell enthaltenen Prozessgebiete und Verbesserungsmaßnahmen aus ökonomischer Sicht umzusetzen sind. Die Anwendung des Optimierungsmodells wird am Beispiel von „CMMI for Services“ für einen fiktiven IT-Dienstleister illustriert. Abschließend werden Implikationen und Forschungsbedarf diskutiert.

## Schlüsselwörter

Geschäftsprozessmanagement, Kontinuierliche Prozessverbesserung, Planung, Reifegradmodell, CMMI, Optimierungsmodell

## 1. EINLEITUNG

Spätestens seit Hammer und Champy's „Manifesto for Business Revolution“ [22] gilt die kontinuierliche Verbesserung betrieblicher Prozesse als eine Hauptaufgabe des Geschäftsprozessmanagements [5; 12]. Dass dies nach wie vor der Fall ist, untermauern zahlreiche Studien, die der kontinuierlichen Prozessverbesserung eine Spitzenposition auf den CIO-Agenden attestieren [13; 19]. Gerade deswegen überrascht es, dass Prozessverbesserungsmaßnahmen i. d. R. auf Basis von Plausibilitätsüberlegungen oder qualitativen bzw. technischen Kriterien – wie z. B. Durchlaufzeit, Qualität, Zuverlässigkeit, Kundenzufriedenheit, Produktivität oder Auslastung – geplant werden [2; 16; 27; 43]. Obwohl manche dieser Kriterien als Indikatoren für die finanziellen Auswirkungen der Prozessdurchführung dienen können [1], lassen sie sich i. d. R. nur mittelbar auf in der Marktwirtschaft gültige Unter-

nehmensziele (z. B. Unternehmenswert) abbilden [29]. Bedenkt man zudem, dass Unternehmen Prozessinvestitionen in beträchtlicher Höhe tätigen – laut einer BPTrends-Studie gaben 36 % der 264 befragten Unternehmen im Jahr 2009 schätzungsweise zwischen 500.000 und 5.000.000 US-Dollar für Geschäftsprozessmanagement aus [47] – und dass der Beitrag dieser Investitionen zur Unternehmenszielerreichung kaum beurteilbar ist, so scheint eine ökonomische Fundierung der Planung von Prozessverbesserungsmaßnahmen dringend geboten.

Ein Planungsprozess umfasst vereinfachend die zyklische Abfolge der Aktivitäten (1) Analyse des Ist-Zustands, (2) Entwicklung und Bewertung von Plan-Alternativen, (3) Auswahl einer Plan-Alternative, (4) Umsetzung und (5) Kontrolle [45]. Für betriebliche Prozesse erweist sich bereits eine intersubjektiv nachvollziehbare Analyse des Ist-Zustands als schwierig. Zur Unterstützung werden vermehrt Reifegradmodelle eingesetzt [4; 11; 17]. Diese haben sich seit der Einführung des Capability Maturity Model (CMM) in zahlreichen Anwendungsdomänen durchgesetzt [33] und gehören heute neben Ansätzen wie Benchmarking, Six Sigma, Total Quality Management oder Lean Management zu etablierten Instrumenten des Geschäftsprozessmanagements [8; 40]. Ein Reifegradmodell umfasst eine Folge sog. Reifegrade und beschreibt dadurch einen antizipierten, gewünschten oder typischen Entwicklungspfad [6]. Reifegrade sind durch festgelegte Merkmale und Merkmalsausprägungen definiert [6]. Üblicherweise unterscheidet man im vorliegenden Zusammenhang *Prozessmanagement-* und *Prozessreifegradmodelle*. Erstere beziehen sich auf die Fähigkeit eines Unternehmens zum Geschäftsprozessmanagement (z. B. [36]), zweite auf Prozesse i. A. oder einzelne Prozessstypen (z. B. [23; 31; 38]). Die zweite Gruppe steht hier im Vordergrund. Reifegrade werden hier nicht Leistungserstellungsprozessen, sondern inhaltlich zusammengehörigen Gruppen an Planungs-, Steuerungs-, Kontroll- und Unterstützungsaktivitäten (sog. Prozessgebiete) zugeordnet. Zwar wird in CMMI-basierten Reifegradmodellen oftmals zwischen Reife- und Fähigkeitsgraden unterschieden, dies wird jedoch erst in Abschnitt 2 diskutiert. Manche Prozessreifegradmodelle schlagen zudem Verbesserungsmaßnahmen vor und helfen somit, Plan-Alternativen zu entwickeln (Aktivität 2). Da Reifegradmodelle bislang jedoch keine Entscheidungskalküle beinhalten und die Bewertung von Plan-Alternativen nicht unterstützen, ist diese Lücke zu schließen.

Wir schärfen den Forschungsfokus zudem in zweierlei Hinsicht:

1. Die Grundlage bilden Prozessreifegradmodelle, die auf dem Capability Maturity Model Integrated (CMMI) basieren, das wiederum der Nachfolger des o. g. CMM ist. Dies bietet sich aus mehreren Gründen an: Erstens werden CMMI-basierte Reifegradmodelle nach proprietären Lösungen am häufigsten in der Praxis eingesetzt [11]. Zweitens basieren zahlreiche Reifegradmodelle auf dem CMMI bzw. CMM [7]. Drittens sind die Spezifikationen der CMMI-Reifegradmodelle öffentlich zugänglich und detailliert ausgearbeitet. Viertens beinhalten die CMMI-Reifegradmodelle Prozessverbesserungsmaßnahmen, die bei der Planung verwendbar sind.
2. Vereinfachend wird die Planung von Prozessverbesserungsmaßnahmen für einen einzelnen Leistungserstellungsprozess untersucht. Zu entscheiden ist somit, welche Prozessgebiete des verwendeten Reifegradmodells eingeführt und welche Reifegrade angestrebt werden sollen. Anhand der Reifegradmodellspezifikation lassen sich dann Prozessverbesserungsmaßnahmen ermitteln.

Es stellt sich folgende Forschungsfrage: *Welche Prozessgebiete eines gegebenen CMMI-basierten Reifegradmodells sollte ein Unternehmen im Rahmen der Planung von Prozessverbesserungsmaßnahmen für einen einzelnen Leistungserstellungsprozess einführen und welche Reifegrade sollte es dafür anstreben, um eine aus ökonomischer Perspektive bestmögliche Auswahl an Prozessverbesserungsmaßnahmen zu gewährleisten?*

Zur Beantwortung dieser Frage greifen wir auf einen formal-deduktiven Forschungsansatz zurück und schlagen ein Optimierungsmodell vor [46]. In Abschnitt 2 werden die Grundlagen von CMMI vorgestellt und die Forschungslücke untermauert. In Abschnitt 3 wird das Optimierungsmodell ausgearbeitet sowie in Abschnitt 4 beispielhaft angewendet. In Abschnitt 5 werden zentrale Ergebnisse reflektiert und Implikationen vorgestellt.

## 2. HINTERGRUND UND LITERATUR-ÜBERBLICK

Im Folgenden werden in Abschnitt 2.1 Aufbau und Kernelemente von CMMI-Reifegradmodellen skizziert. Dies erfolgt auf Basis des CMMI-SVC (v1.2) [38], wobei die grundlegenden Bestandteile aller CMMI-Reifegradmodelle (CMMI for Development, CMMI for Acquisition und People CMM) identisch sind. Eine ausführliche Dokumentation findet sich in [38]. Abschnitt 2.2 schildert den aktuellen Stand der Forschung bez. der Planung von Prozessverbesserungsmaßnahmen. Auf dieser Basis lassen sich Ansatzpunkte zur Weiterentwicklung von CMMI-basierten Reifegradmodellen hinsichtlich der Prozessplanung identifizieren.

### 2.1 CMMI-Reifegradmodelle

Den Kern von CMMI-Reifegradmodellen bilden die bereits erwähnten Prozessgebiete, die inhaltlich zusammengehörige Planungs-, Steuerungs-, Kontroll- und Unterstützungsaktivitäten bündeln und je einer der vier Kategorien Prozessmanagement, Projektmanagement, Entwicklung oder Unterstützung zugeordnet sind [24].

Im Zuge der Prozessverbesserung werden für jedes Prozessgebiet spezifische und generische Ziele angestrebt. Spezifische Ziele beschreiben die inhaltlichen Anforderungen an *ein* bestimmtes Prozessgebiet. Ihre Erreichung stellt sicher, dass Planungs-, Steuerungs-, Kontroll- und Unterstützungsaktivitäten ordnungsgemäß

durchgeführt werden. Generische Ziele hingegen sind auf *alle* Prozessgebiete anwendbar und im Rahmen der sog. Institutionalisierung bedeutsam [38]. Ziel der Institutionalisierung ist es, Qualität und Zuverlässigkeit der „Prozessgebietdurchführung“ derart zu steigern, dass diese auch bei hoher Belastung auf gleichbleibendem Niveau sichergestellt ist. Jedes spezifische bzw. generische Ziel wird durch Umsetzung ein oder mehrerer spezifischer bzw. generischer Prozessverbesserungsmaßnahmen erreicht.

Je nach Verwendungszweck lässt sich CMMI auf zweierlei Weise umsetzen [38]:

- Soll eine Menge an selbstgewählten Prozessgebieten eingeführt bzw. verbessert werden, so ist die „kontinuierliche Darstellung“ anzuwenden. Dabei werden die aktuellen *Fähigkeitsgrade* der Prozessgebiete bestimmt und anhand von Plan-Fähigkeitsgraden umzusetzende spezifische und generische Prozessverbesserungsmaßnahmen ermittelt. Es werden sechs Fähigkeitsgrade unterschieden: 0 – unvollständig, 1 – initial, 2 – gemanaged, 3 – definiert, 4 – quantitativ gemanaged, 5 – optimierend. Um für ein Prozessgebiet den Fähigkeitsgrad 1 ausweisen zu dürfen, müssen sämtliche spezifischen Prozessverbesserungsmaßnahmen umgesetzt sein. Um einen Fähigkeitsgrad größer 1 ausweisen zu dürfen, müssen alle generischen Verbesserungsmaßnahmen umgesetzt sein, die dem Fähigkeitsgrad entsprechenden generischen Ziel zugeordnet sind.
- Sollen Prozessgebiete nach einem vorgegebenen Schema eingeführt bzw. verbessert werden, so ist die „stufenförmige Darstellung“ anzuwenden. Diese dokumentiert die Prozessgebiet-übergreifende Reife zur Kommunikation mit externen Anspruchsgruppen anhand von fünf *Reifegraden*: 1 – initial, 2 – gemanaged, 3 – definiert, 4 – quantitativ gemanaged, 5 – optimierend. Ein Reifegrad darf dann ausgewiesen werden, wenn alle Prozessgebiete, die diesem oder einem niedrigeren Reifegrad in der CMMI-Spezifikation zugeordnet sind, mindestens einen Fähigkeitsgrad aufweisen, der mit der Höhe des angestrebten Reifegrads identisch ist [38].

Beide Darstellungen sind zwar ineinander überführbar, jedoch ist die Reifegrad-Berechnungsvorschrift unvollständig, sodass in der betrieblichen Praxis oftmals eine proprietäre Konkretisierung erfolgen muss [39]. In diesem Beitrag wird die „kontinuierliche Darstellung“ basierend auf (Plan-) Fähigkeitsgraden angewendet.

### 2.2 Planung von Prozessverbesserungsmaßnahmen

Unabhängig davon, ob Reifegradmodelle oder ein anderer Ansatz eingesetzt werden, stellt sich bei der Planung von Prozessverbesserungsmaßnahmen die Frage, welchen Beitrag diese zur Unternehmenszielerreichung leisten. Statt diese Fragestellung betriebswirtschaftlich fundiert zu adressieren, beschäftigen sich zahlreiche Forschungsarbeiten mit einer qualitativen Vorgehensbeschreibung (z. B. bei Six Sigma, Total Quality Management oder Lean Management [8; 40]) oder mit der IT-Unterstützung [18; 48]. Diese hilft jedoch nicht bei der Bewertung von Plan-Alternativen, weshalb auch quantitative Ansätze entwickelt wurden, die sich mit den ökonomischen Auswirkungen geplanter Prozessverbesserungen beschäftigen.

Nachdem in der Praxis Prozessverbesserungen oftmals nur mit der Senkung von Kosten in Zusammenhang stehen, zeigen einige Ansätze v. a. die Wichtigkeit von korrespondierenden Erträgen auf.

So schlagen bspw. Kanevsky und House eine Bewertung anhand des Return on Investment eines verbesserten Prozesses vor und machen deutlich, wie Erträge unterschiedlichen Prozesskomponenten zurechenbar sind [28]. Einen auf der Prozesskostenrechnung bzw. dem Action-based Costing basierenden Ansatz stellen Gullledge et al. vor [21]. Dabei werden sowohl Prozesskosten als auch Prozesserträge betrachtet und es wird diskutiert, wie diese den Prozessen zugerechnet werden können. Einen weiteren Ansatz, der sich zudem mit der Integration von Risiko in die Bewertungssystematik beschäftigt, stammt von Neiger et al. [30]. Schöber und Gebauer nehmen die Bewertung von Prozessalternativen anhand eines kombinierten Verfahrens aus Entscheidungsbäumen und Realloptionen vor [37]. Eine Bewertung von Prozessverbesserungen anhand des Barwerts von Ein- und Auszahlungen und somit anhand zukünftiger Zahlungen nehmen Raffo et al. vor [35]. Auch vom Brocke beschäftigt sich in mehreren Beiträgen mit der Bewertung von Prozessalternativen unter Berücksichtigung künftiger Zahlungen [44]. Unabhängig von den angewandten finanzwirtschaftlichen Methoden zur Bewertung von Prozessverbesserungen findet jedoch in keinem der genannten Beiträge eine Formalisierung unter Berücksichtigung von übergeordneten und in der Marktwirtschaft gültigen Unternehmenszielen statt. Auch werden die jeweiligen Bewertungsansätze bislang nur allgemein diskutiert. Eine Verknüpfung mit Reifegradmodellen wird bislang nicht vorgenommen.

In der Literatur existieren bereits erste Vorschläge, die Verbesserungen und Erweiterungen von Reifegradmodellen diskutieren. Während Huang und Han [25] ein Entscheidungsmodell vorschlagen, wie die Prozessgebiete eines Reifegradmodells bei der initialen Einführung im Rahmen der „kontinuierlichen Darstellung“ zu priorisieren sind, entwickeln Vitharana und Mone [42] ein Instrument zur „Messung“ kritischer Faktoren des Softwarequalitätsmanagements. Die Problematik der fehlenden Ausrichtung von Reifegradmodellen an übergeordneten Unternehmenszielen diskutieren Greb und Kneuper [20]. Zwar wird dabei qualitativ beleuchtet, wie die Unternehmensziele in Prozessverbesserungsentscheidungen einfließen sollten und bspw. aufgezeigt, dass Plan-Alternativen im Hinblick auf ihren Beitrag zu den angestrebten Unternehmenszielen zu bewerten sind. Ein Entscheidungskalkül wird jedoch nicht vorgeschlagen.

Als Ergänzung zu den diskutierten Erweiterungen von Reifegradmodellen wird im Folgenden ein mathematisches Modell zur Bewertung von Prozessverbesserungsmaßnahmen beim Einsatz von CMMI-basierten Reifegradmodellen entwickelt. Dazu dient eine betriebswirtschaftlich fundierte Zielfunktion, welche die künftigen Ein- und Auszahlungen von Prozessverbesserungsmaßnahmen berücksichtigt. Die Integration von Risiken in die Zielfunktion wird in diesem ersten Schritt ausgeklammert. Zusätzlich wird der Gedanke einer Priorisierung der einzuführenden Prozessgebiete weiter verfolgt.

### 3. EIN OPTIMIERUNGSMODELL ZUR PLANUNG VON PROZESSVERBESSERUNGSMASSNAHMEN

Die Grundidee des Optimierungsmodells ist, die Umsetzung von Prozessverbesserungsmaßnahmen – und die damit einhergehende Verbesserung von Fähigkeitsgraden – als Investitionen zu interpretieren. Jede Investition ist durch einen mehrperiodigen Zahlungsstrom aus Ein- und Auszahlungen charakterisiert, der durch Diskontierung zu einem Barwert verdichtbar ist [34]. Dieser Bar-

wert ist unter Sicherheit ein betriebswirtschaftlich sinnvolles Entscheidungskriterium [15] und quantifiziert den Beitrag einer Prozessverbesserungsmaßnahme zur Unternehmenszielerreichung im Rahmen einer Wertorientierten Unternehmensführung [14].

Geht man davon aus, dass zur Reduktion der Planungskomplexität ein Priorisierungsschritt – wie z. B. in [25] vorgeschlagen – vorgeschaltet wird, dann ist zum Planungszeitpunkt bekannt, für welche der im verwendeten Reifegradmodell enthaltenen Prozessgebiete die Einführung besonders sinnvoll erscheint. Im Weiteren interessiert sich ein Unternehmen dafür, welche Teilmenge davon tatsächlich eingeführt und welche Plan-Fähigkeitsgrade jeweils angestrebt werden sollen. Um diesbez. eine fundierte Aussage treffen zu können, berücksichtigt das Optimierungsmodell folgende Ein- und Auszahlungen:

1. Barwertige (Investitions-) Auszahlungen für die Umsetzung spezifischer Prozessverbesserungsmaßnahmen, wodurch sich der Fähigkeitsgrad eines Prozessgebiets von 0 auf 1 erhöht.
2. Barwertige (Investitions-) Auszahlungen für die Umsetzung generischer Prozessverbesserungsmaßnahmen, wodurch sich der Fähigkeitsgrad eines Prozessgebiets über 1 erhöht.
3. Durch (1) und (2) induzierte zusätzliche barwertige Zahlungsüberschüsse aus dem laufenden Geschäft als Differenz zusätzlicher barwertiger laufender Ein- und Auszahlungen.

Da in (3) zusätzliche barwertige Zahlungsüberschüsse aus dem laufenden Geschäft betrachtet werden, sind Ein- und Auszahlungen des Leistungserstellungsprozesses vor der Umsetzung von Prozessverbesserungsmaßnahmen nicht relevant. Dadurch wird im Sinne einer Differenzinvestitionsbetrachtung die Komplexität des Planungsprozesses reduziert. Auf dieser Grundlage lassen sich folgende Fragen beantworten: Für welche Teilmenge der hochprioritären Prozessgebiete übersteigen die zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse aus dem laufenden Geschäft die barwertigen (Investitions-) Auszahlungen für Prozessverbesserungsmaßnahmen am stärksten, wenn jeweils die zahlungsüberschussmaximale Fähigkeitsgradkonstellation angestrebt wird? Wie hoch ist das optimale Investitionsvolumen je Prozessgebiet? Welche Prozessverbesserungsmaßnahmen sind umzusetzen?

Abbildung 1 zeigt ein beispielhaftes Anwendungsergebnis des Optimierungsmodells mit einem Schwerpunkt auf einzuführende Prozessgebiete und anzustrebende Plan-Fähigkeitsgrade.

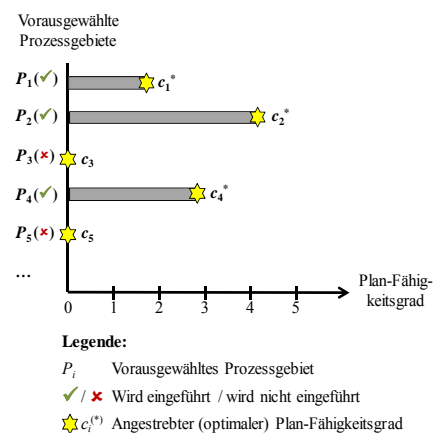


Abbildung 1: Beispielhaftes Ergebnis der Anwendung des Optimierungsmodells (in Anlehnung an [38])

In Abschnitt 3.1 werden zentrale Annahmen, Begriffe und Notationselemente eingeführt. In Abschnitt 3.2 wird das Optimierungsmodell formuliert und gelöst.

### 3.1 Annahmen und definitorische Grundlagen

Betrachtet wird ein Leistungserstellungsprozess, über den ein Unternehmen Produkte, Dienstleistungen oder Produkt-Dienstleistungs-Bündel – kurz: Leistungen – am Markt anbietet. Das Unternehmen nutzt ein CMMI-basiertes Reifegradmodell.

Obwohl Plan-Fähigkeitsgrade nach der CMMI-Spezifikation nur ganzzahlige Werte zwischen 0 und 5 annehmen können (siehe Abschnitt 2.1), werden hier stetige Plan-Fähigkeitsgrade verwendet. Die Gründe sind, dass in der Praxis auch nichtganzzahlige Ausprägungen ausgewiesen werden [26] und für den Sprung von einem Fähigkeitsgrad auf den nächsten i. d. R. mehrere Prozessverbesserungsmaßnahmen bzw. -projekte umzusetzen sind.

Im Rahmen einer vorgelagerten Priorisierung wurden Prozessgebiete identifiziert, deren Umsetzung besonders sinnvoll erscheint. Nur diese Prozessgebiete werden im Folgenden betrachtet.

- A.1 Es steht eine Menge an hochprioritären Prozessgebieten  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$  (mit  $n \in \mathbb{N}$ ) zur Verfügung. Die optimale Teilmenge der einzuführenden Prozessgebiete wird als  $P^{\text{sel}} \subseteq P$  bezeichnet.
- A.2 Nach Durchführung des Planungsprozesses haben alle einzuführenden Prozessgebiete  $P_i \in P^{\text{sel}}$  einen Plan-Fähigkeitsgrad  $1 \leq c_i \leq 5$ . Für alle anderen Prozessgebiete  $P_i \notin P^{\text{sel}}$  gilt,  $c_i = 0$ .

Der Leistungserstellungsprozess und die zugehörigen Prozessgebiete bilden ein Leistungserstellungssystem, dessen Leistungen aus Kundensicht zusammengehören. Entsprechend nehmen Kunden – u. a. aufgrund ihrer Unkenntnis der internen Abläufe, Arbeitsteilung und beteiligten Prozessgebiete – aus Außensicht einen aggregierten Gesamt-Fähigkeitsgrad wahr. Der aus CMMI bekannte „Reifegrad“ wird bewusst nicht verwendet, da dieser – wie bereits erwähnt – nur für Unternehmen als Ganzes ermittelbar ist und in der Außenkommunikation verwendet werden soll. Zudem ist die Berechnungsvorschrift unvollständig. Der Gesamt-Fähigkeitsgrad hingegen ist eine Hilfsgröße zur Quantifizierung von ökonomischen Auswirkungen für interne Planungszwecke. Er liegt daher i. A. nicht innerhalb CMMI-üblicher Grenzen.

Vereinfachend wird davon ausgegangen, dass sich der Gesamt-Fähigkeitsgrad als Summe der relativ zueinander gewichteten Plan-Fähigkeitsgrade ergibt. Obwohl also die einzelnen Plan-Fähigkeitsgrade unterschiedlich stark in den Gesamt-Fähigkeitsgrad einfließen können, gelten die Prozessgebiete als unabhängig.

- A.3 Der Gesamt-Fähigkeitsgrad des Leistungserstellungssystems  $c \in \mathbb{R}_0^+$  hängt von den Plan-Fähigkeitsgraden  $c_i$  ab. Es gilt,  $c = f(\vec{c})$  mit  $\vec{c} = (c_1, \dots, c_n)^T$  und  $f(\vec{c}) = \sum_{i=1}^n a_i c_i$ . Die Koeffizienten  $a_i \geq 1$  quantifizieren, wie stark die Plan-Fähigkeitsgrade relativ zueinander gewichtet in den Gesamt-Fähigkeitsgrad einfließen.

Zur Identifikation der Plan-Fähigkeitsgrade sind die auf den Planungszeitpunkt diskontierten ökonomischen Auswirkungen zu untersuchen. Wie erwähnt werden barwertige (Investitions-) Auszahlungen für die Umsetzung spezifischer Prozessverbesserungsmaßnahmen, barwertige (Investitions-) Auszahlungen für die Umsetzung generischer Prozessverbesserungsmaßnahmen so-

wie zusätzliche barwertige Zahlungsüberschüsse aus dem laufenden Geschäft betrachtet.

Soll ein Prozessgebiet eingeführt werden, so müssen sämtliche spezifischen Prozessverbesserungsmaßnahmen umgesetzt werden. Dies führt zu einem Plan-Fähigkeitsgrad von 1. Dafür fallen barwertige Auszahlungen in beliebiger, aber fester Höhe an. Auch hier ist der Auszahlungsbarwert sinnvoll, da die spezifischen Prozessverbesserungsmaßnahmen nicht zwingend in der ersten Periode des Planungshorizonts vollständig umsetzbar sein müssen. Da CMMI für jedes Prozessgebiet eigene spezifische Prozessverbesserungsmaßnahmen vorschlägt, werden sich die entsprechenden barwertigen Auszahlungen i. A. unterscheiden.

- A.4 Für die Umsetzung der spezifischen Prozessverbesserungsmaßnahmen eines Prozessgebiets  $P_i \in P^{\text{sel}}$  fallen barwertige (Investitions-) Auszahlungen  $O_i^{\text{spec}} \in \mathbb{R}^+$  in beliebiger, fester und ex ante prognostizierbarer Höhe an. Es gilt,  $O_i^{\text{spec}} = 0$  für alle  $P_i \notin P^{\text{sel}}$ .

Sollen für ein eingeführtes Prozessgebiet generische Prozessverbesserungsmaßnahmen umgesetzt werden, fallen ebenfalls barwertige Auszahlungen an. Dies führt zu einem Plan-Fähigkeitsgrad größer 1. Ein höherer Plan-Fähigkeitsgrad ist nur durch Umsetzung weiterer Prozessverbesserungsmaßnahmen realisierbar, was zu höheren barwertigen Auszahlungen führt. In Analogie zu Aufwandsschätzmodellen aus dem Software Engineering (z. B. COCOMO II [10]) dürfte die Umsetzungscomplexität für einen höheren Plan-Fähigkeitsgrad überproportional zunehmen. Mögliche Gründe sind der erhöhte Abstimmungsbedarf innerhalb bzw. zwischen Projektteams sowie die aufwändigere Integration mit anderen umzusetzenden Maßnahmen. Vereinfachend sind die Prozessgebiet-spezifischen barwertigen Auszahlungen für generische Prozessverbesserungsmaßnahmen durch einen streng monoton steigenden und streng konvexen Verlauf charakterisiert.

- A.5 Für die Umsetzung generischer Prozessverbesserungsmaßnahmen im Prozessgebiet  $P_i \in P^{\text{sel}}$  fallen in Abhängigkeit vom Plan-Fähigkeitsgrad barwertige (Investitions-) Auszahlungen gemäß einer im Intervall  $[1; 5]$  streng monoton steigenden, streng konvexen, zweimal stetig differenzierbaren und ex ante prognostizierbaren Funktion  $O_i^{\text{gen}}(c_i)$  an. Es gilt,  $O_i^{\text{gen}}(c_i) = 0$  für  $c_i \leq 1$  und  $O_i^{\text{gen}}(c_i) > 0$  sonst.

In Abhängigkeit von den Plan-Fähigkeitsgraden bzw. dem Gesamt-Fähigkeitsgrad erzielt das Unternehmen zusätzliche barwertige Zahlungsüberschüsse aus dem laufenden Geschäft als Differenz zusätzlicher barwertiger laufender Ein- und Auszahlungen.

Zusätzliche laufende Auszahlungen fallen für die in den eingeführten Prozessgebieten enthaltenen Planungs-, Steuerungs- und Kontroll- sowie Unterstützungsaktivitäten an. Je mehr spezifische und generische Verbesserungsmaßnahmen geplant sind – also je höher der Plan-Fähigkeitsgrad –, desto höher sind die zusätzlichen Auszahlungen. Daraus resultiert ein streng monoton steigender Verlauf. Aufgrund des laufenden Koordinationsaufwands zwischen umgesetzten Maßnahmen und der Schwierigkeit, einen höheren Fähigkeitsgrad aufrechtzuerhalten, kann der Verlauf zudem als streng konvex charakterisiert werden. Da sich die zusätzlichen laufenden Auszahlungen einzelnen Prozessgebieten zuordnen lassen und sich i. A. nach Prozessgebiet unterscheiden, sind Prozessgebiet-spezifische Auszahlungsfunktionen erforderlich.

Zusätzliche laufende Einzahlungen resultieren u. a. aus der Zahlungsbereitschaft der Kunden für höherwertige Leistungen bzw. für einen reibungsloseren Leistungserstellungsprozess – also für einen höheren Gesamt-Fähigkeitsgrad. Es ist davon auszugehen, dass Kunden für höherwertige Leistungen mehr zu zahlen bereit sind. Analog zu den Auszahlungen ergibt sich ein streng monoton steigender Verlauf. Jedoch ist gestützt durch die Theorie des abnehmenden Grenznutzens von einem Sättigungseffekt auszugehen, der sich in einem streng konkaven Verlauf niederschlägt [41]. Natürlich lassen sich durch Verbesserungen hinsichtlich Planung, Steuerung und Kontrolle auch Einsparungen bei der eigentlichen Leistungserstellung realisieren. Einsparungen werden nicht explizit betrachtet, sondern wegen der fehlenden Zuordenbarkeit zu Prozessgebieten den laufenden Einzahlungen zugeordnet.

A.6 Die Differenz der zusätzlichen barwertigen laufenden Ein- und Auszahlungen wird als zusätzliche barwertige Zahlungsüberschüsse aus dem laufenden Geschäft  $CF^{OP}(\vec{c})$  bezeichnet. Die zusätzlichen barwertigen laufenden Auszahlungen im Prozessgebiet  $P_i \in P^{sel}$  in Abhängigkeit vom Plan-Fähigkeitsgrad folgen einer im Intervall [1; 5] streng monoton steigenden, streng konvexen sowie zweimal stetig differenzierbaren Funktion  $O_i^{OP}(c_i)$ . Es gilt,  $O_i^{OP}(c_i) = 0$  für  $c_i < 1$  und  $O_i^{OP}(c_i) > 0$  sonst. Die zusätzlichen barwertigen laufenden Einzahlungen in Abhängigkeit vom Gesamt-Fähigkeitsgrad folgen einer streng monoton steigenden, streng konkaven und zweimal stetig differenzierbaren Funktion  $I^{OP}(c) (= I^{OP}(f(\vec{c})))$ . Es gilt,  $I^{OP}(f(\vec{c})) = 0$  für  $f(\vec{c}) < 1$  und  $I^{OP}(f(\vec{c})) > 0$  sonst. Beide Funktionen sind ex ante prognostizierbar.

$O_i^{OP}(c_i)$  ist – im Gegensatz zu  $O_i^{gen}(c_i)$  – bereits für  $c_i = 1$  größer null, da auch für umgesetzte spezifische Prozessverbesserungsmaßnahmen laufende Auszahlungen anfallen. Für die zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse aus dem laufenden Geschäft ergibt sich:

$$CF^{OP}(\vec{c}) = I^{OP}(f(\vec{c})) - \sum_{i=1}^n O_i^{OP}(c_i) \quad (1)$$

Zuletzt stellt sich die Frage, gemäß welchem Ziel die optimale Menge an einzuführenden Prozessgebieten und die zugehörigen optimalen Plan-Fähigkeitsgrade bestimmt werden.

A.7 Das Unternehmen strebt nach Maximierung der gesamten zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse  $CF(\vec{c})$ . Diese ergeben sich als Differenz der zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse aus dem laufenden Geschäft, der barwertigen (Investitions-) Auszahlungen für die Umsetzung generischer Prozessverbesserungsmaßnahmen und der barwertigen (Investitions-) Auszahlungen für die Umsetzung spezifischer Prozessverbesserungsmaßnahmen.

### 3.2 Formulierung und Lösung des Optimierungsmodells

Anhand von (A.1) bis (A.7) lässt sich die optimale Menge der einzuführenden Prozessgebiete  $P^{sel}$  bestimmen, indem für jede Teilmenge von  $P$  die maximalen gesamten zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse ermittelt und dann die zahlungsüberschussmaximale Teilmenge gewählt wird. Es handelt sich also um eine zweistufige Optimierung mit folgender Zielfunktion:

$$P^{sel} = \arg \max_{Q \subseteq P} \left[ \max_{\substack{1 \leq c_i \leq 5, \text{ für } P_i \in Q, \\ c_i = 0, \text{ sonst}}} CF(\vec{c}) \right] \quad (2)$$

$$\text{Mit } CF(\vec{c}) = CF^{OP}(\vec{c}) - \sum_{i=1}^n O_i^{gen}(c_i) - \sum_{i=1}^n O_i^{spec} \quad (3)$$

Die zugehörigen optimalen Plan-Fähigkeitsgrade  $\vec{c}^*$  und damit die optimalen Prozessgebiet-spezifischen Investitionen ergeben sich aus dem inneren Optimierungsschritt. Während der äußere Optimierungsschritt aufgrund seines diskreten Charakters mittels vollständiger Enumeration lösbar ist, erfordert der Innere aufgrund seines stetigen Charakters eine Kurvendiskussion. Wir konzentrieren uns zunächst auf den inneren Optimierungsschritt.

Ersetzt man in Gleichung (3) die zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse aus dem laufenden Geschäft durch Gleichung (1), so ergibt sich folgende separate Zielfunktion:

$$\begin{aligned} \text{MAX: } CF(\vec{c}) &= I^{OP}(f(\vec{c})) - \sum_{i=1}^n O_i^{OP}(c_i) \\ &\quad - \sum_{i=1}^n O_i^{gen}(c_i) - \sum_{i=1}^n O_i^{spec} \end{aligned} \quad (4)$$

unter  $1 \leq c_i \leq 5$ , für  $P_i \in Q$   
und  $c_i = 0$ , sonst

Abbildung 2 zeigt einen beispielhaften Verlauf der gesamten zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse für den Fall, dass  $Q = \{P_1, P_2\}$  eingeführt werden sollen. Zur Ermittlung der optimalen gesamten zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse sind zunächst die ersten partiellen Ableitungen zu bilden, partielle Randlösungen zu analysieren sowie Bedingungen und Charakteristika einer inneren Lösung zu prüfen. Unter Berücksichtigung, dass die barwertigen Auszahlungen für spezifische Prozessverbesserungsmaßnahmen als Konstanten die ersten partiellen Ableitungen nicht beeinflussen, ergibt sich:

$$\frac{\partial CF(\vec{c})}{\partial c_i} = \frac{\partial I^{OP}(f(\vec{c}))}{\partial c_i} - \frac{\partial O_i^{OP}(c_i)}{\partial c_i} - \frac{\partial O_i^{gen}(c_i)}{\partial c_i} \quad (5)$$

Da für alle  $P_i \notin Q$ , die beim aktuellen „Durchlauf“ des inneren Optimierungsschritts nicht betrachtet werden, gemäß (A.2)  $c_i = 0$  gilt, reduziert sich die Anzahl der zu betrachtenden Prozessgebiete auf  $|Q|$ . Im Folgenden wird eine von  $|Q|$  Plan-Fähigkeitsgraden abhängige Zahlungsüberschussfunktion verwendet.

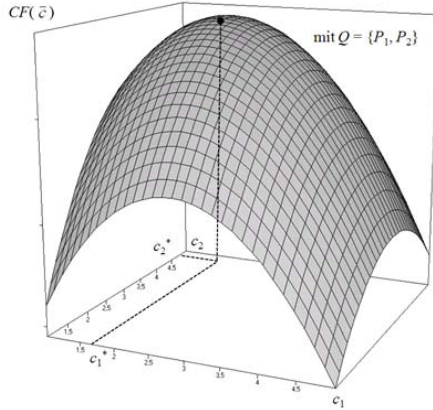
Eine partielle linke Randlösung bez. eines Prozessgebiets  $P_i \in Q$  liegt vor, wenn es ökonomisch nicht sinnvoll ist, dessen Plan-Fähigkeitsgrad über 1 zu erhöhen. Barwertige Auszahlungen für generische Prozessverbesserungsmaßnahmen werden dann nicht durch barwertige laufende Zahlungsüberschüsse gedeckt. Mathematisch ist in diesem Fall die entsprechende erste partielle Ableitung der gesamten zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse für alle Punkte mit  $c_i^{min} = 1$  negativ oder null. Die Plan-Fähigkeitsgrade  $c_j$  ( $i \neq j$ ) sind dabei beliebig in  $1 \leq c_j \leq 5$ , aber fest.

$$\frac{\partial CF(\vec{c}^{min})}{\partial c_i^{min}} \leq 0 \quad \text{mit } \vec{c}^{min} = (c_1, \dots, 1, \dots, c_{|Q|})^T \quad (6)$$

und  $c_i^{min} = 1$

Diese Bedingung kann für kein, ein oder mehrere Prozessgebiete erfüllt sein. Die optimalen Plan-Fähigkeitsgrade der betroffenen

Prozessgebiete  $P_i \in Q$  sind  $c_i^* = 1$ . Ist diese Bedingung für alle Prozessgebiete einer Problem Instanz erfüllt, liegt eine totale linke Randlösung vor. Blendet man im Weiteren die Prozessgebiete mit einer partiellen linken Randlösung aus, so reduziert sich die Anzahl der Prozessgebiete auf  $r$  (mit  $1 \leq r \leq |Q|$ ). Im Folgenden wird eine von den  $r$  weiter betrachteten Plan-Fähigkeitsgraden abhängige Zahlungsüberschussfunktion verwendet.



**Abbildung 2: Beispielhafter Verlauf der gesamten zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse im inneren Optimierungsschritt mit für  $Q = \{P_1, P_2\}$**

Eine partielle rechte Randlösung bez. eines Prozessgebiets  $P_i \in Q$  liegt vor, wenn es bei einem Plan-Fähigkeitsgrad 5 ökonomisch sinnvoll wäre, weitere generische Prozessverbesserungsmaßnahmen oder gerade keine mehr umzusetzen. Mathematisch ist in diesem Fall die entsprechende erste partielle Ableitung der gesamten zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse für alle Punkte mit  $c_i^{\max} = 5$  positiv oder null. Die Plan-Fähigkeitsgrade  $c_j$  ( $i \neq j$ ) sind dabei beliebig in  $1 \leq c_j \leq 5$ , aber fest.

$$\frac{\partial CF(\bar{c}^{\max})}{\partial c_i^{\max}} \geq 0 \quad \text{mit } \bar{c}^{\max} = (c_1, \dots, 5, \dots, c_r)^T \quad (7)$$

Auch diese Bedingung kann für kein, ein oder mehrere Prozessgebiete erfüllt sein. Die optimalen Plan-Fähigkeitsgrade der betroffenen Prozessgebiete  $P_i \in Q$  sind  $c_i^* = 5$ . Blendet man nun auch die Prozessgebiete mit einer partiellen rechten Randlösung aus, so reduziert sich die Anzahl der betrachteten Prozessgebiete auf  $t$  (mit  $1 \leq t \leq r$ ). Im Weiteren wird eine von den  $t$  weiter betrachteten Plan-Fähigkeitsgraden abhängige Zahlungsüberschussfunktion verwendet. Für die verbliebenen  $t$  Prozessgebiete ist eine innere Lösung zu finden. Ökonomisch betrachtet ist für diese Prozessgebiete ein Plan-Fähigkeitsgrad zwischen 1 und 5 (jeweils exklusive) sinnvoll.

Als Optimalitätsbedingung erster Ordnung müssen an dem Punkt, der die optimalen gesamten zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse kennzeichnet, alle ersten partiellen Ableitungen null sein.

$$\forall 1 \leq i \leq t: \frac{\partial CF(\bar{c}^*)}{\partial c_i^*} = 0 \quad \text{mit } \bar{c}^* = (c_1^*, \dots, c_t^*)^T \quad (8)$$

Existiert eine mit Gleichung (8) konforme Belegung von  $\bar{c}^*$ , so ist dort anhand der zugehörigen Hesse-Matrix die Krümmung von  $CF(\bar{c}^*)$  und damit die Optimalitätsbedingung zweiter Ordnung zu untersuchen. Ist die Hesse-Matrix an der Stelle  $\bar{c}^*$  negativ definit,

handelt es sich um ein Maximum. Zunächst sind die zweiten partiellen Ableitungen zu bilden – siehe Gleichungen (9) und (10)<sup>1</sup>.

$$\forall 1 \leq i, j \leq t \wedge i \neq j: \frac{\partial^2 I^{op}(f(\bar{c}))}{\partial^2 c} \cdot a_i a_j \quad (9)$$

$$\forall 1 \leq i \leq t: \frac{\partial^2 I^{op}(f(\bar{c}))}{\partial^2 c} \cdot a_i^2 - \frac{\partial^2 O_i^{op}(c_i)}{\partial^2 c_i} - \frac{\partial^2 O_i^{gen}(c_i)}{\partial^2 c_i} \quad (10)$$

Da es sich bei den  $a_i$  um Konstanten gleichen Vorzeichens ohne Einfluss auf die Krümmung handelt, ist folgende Kurzschreibweise möglich:

$$\frac{\partial^2 I^{op}(f(\bar{c}))}{\partial^2 c} \stackrel{\text{def}}{=} x \quad (11)$$

$$\forall 1 \leq i \leq t: \frac{\partial^2 O_i^{op}(c_i)}{\partial^2 c_i} + \frac{\partial^2 O_i^{gen}(c_i)}{\partial^2 c_i} \stackrel{\text{def}}{=} y_i \quad (12)$$

Für die Hesse-Matrix an einer beliebigen, aber festen Stelle  $\bar{c} = (c_1, \dots, c_t)^T$  gilt somit:

$$H_{CF}(\bar{c}) = \begin{pmatrix} x - y_1 & \dots & x \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x & x & x - y_t \end{pmatrix} \quad (13)$$

Aufgrund von (A.3), (A.5) und (A.6) gilt  $x < 0$  und  $y_i > 0$  (mit  $1 \leq i \leq t$ ). Die Hesse-Matrix ist an der Stelle  $\bar{c}$  dann negativ definit, wenn die Vorzeichen der Hauptunterdeterminanten alternieren [32]. Dabei bezeichnen die  $H_{CF,k}$  die oberen linken  $k \times k$ -Hauptuntermatrizen von  $H_{CF}$ . Durch vollständige Induktion lässt sich folgende Berechnungsvorschrift beweisen:<sup>2</sup>

$$\det(H_{CF,k}) = (-1)^{k+1} \cdot \sum_{i=1}^k \left( x \cdot \prod_{\substack{j \in \{1, \dots, k\} \\ i \neq j}} y_j \right) + (-1)^k \cdot \prod_{j=1}^k y_j \quad (14)$$

Beide Summanden – und somit der ganze Term – sind für gerade  $k$  positiv und für ungerade  $k$  negativ, weswegen die Vorzeichen der Hauptunterdeterminanten alternieren. Damit ist bewiesen, dass  $H_{CF}(\bar{c})$  an einer beliebigen, aber festen Stelle  $\bar{c}$  negativ definit,  $CF(\bar{c})$  im gesamten Definitionsbereich streng konkav und  $CF(\bar{c}^*)$  ein globales Maximum ist. Für eine konkrete Belegung von  $Q$  gilt:

$$c_i^* = \begin{cases} 1, & \text{für } \frac{\partial CF(\bar{c}^{\min})}{\partial c_i^{\min}} \leq 0 \\ 5, & \text{für } \frac{\partial CF(\bar{c}^{\max})}{\partial c_i^{\max}} \geq 0 \\ \text{innere Lösung,} & \text{sonst} \end{cases} \quad (15)$$

Zusammen mit dem äußeren Optimierungsschritt, der  $P^{\text{sel}}$  als zahlungsüberschussmaximale Prozessgebietmenge identifiziert, gilt wegen (A.4) und (A.5) für die Prozessgebiet-spezifischen Investitionsvolumina:

$$\forall i \text{ mit } P_i \in P^{\text{sel}}: O_i^{\text{spec}} + O_i^{\text{gen}}(c_i^*) > 0 \quad (16)$$

$$\forall i \text{ mit } P_i \notin P^{\text{sel}}: 0 + O_i^{\text{gen}}(0) = 0 \quad (17)$$

Für die  $P_i \in P^{\text{sel}}$  sind alle spezifischen und entsprechend dem Plan-Fähigkeitsgrad ein Teil der generischen Prozessverbesser-

<sup>1</sup> Die Herleitung wird aus Platzgründen nicht gezeigt, kann jedoch bei den Autoren angefragt werden.

<sup>2</sup> Der Beweis wird aus Platzgründen nicht gezeigt, kann jedoch bei den Autoren angefragt werden.

ungsmaßnahmen umzusetzen. Dazu gehören auf jeden Fall die Maßnahmen, die gemäß der Reifegradmodellspezifikation zur Erreichung der nächstkleineren ganzzahligen Fähigkeitsgradausprägung  $[c_i^*]$  nötig sind. Alles weitere hängt davon ab, zu wie vielen und wie großen Projekten ein Unternehmen die generischen Verbesserungsmaßnahmen bündelt. Hätte ein Unternehmen bspw. die Maßnahmen zum Sprung von Fähigkeitsgrad 2 auf 3 zu drei gleichgroßen Projekten gebündelt und läge ein optimaler Plan-Fähigkeitsgrad von 2,67 vor, so wären die ersten beiden Projekte bzw. Maßnahmen umzusetzen. Bei einer Bündelung zu vier gleichgroßen Projekten wären ebenfalls die ersten beiden Projekte bzw. Maßnahm umzusetzen. Ab dem dritten Maßnahmenpaket würde der optimale Plan-Fähigkeitsgrad jedoch überstiegen.

#### 4. BEISPIELHAFTE ANWENDUNG

Im Folgenden wird die Anwendung des Optimierungsmodells für einen fiktiven IT-Dienstleister auf Basis von CMMI-SVC [38] illustriert. Dabei steht im Vordergrund, welche Schritte für eine tatsächliche Anwendung erforderlich sind. Untersucht wird der Leistungserstellungsprozess, mit dem der IT-Dienstleister Standardsoftware mit CRM-Funktionalität zunächst gemäß der Anforderungen seiner Kunden konfiguriert und anschließend als Cloud-Computing-Lösung – wie z. B. salesforce.com<sup>3</sup> – betreibt.

CMMI-SVC umfasst 24 Prozessgebiete, wovon 16 allgemein und daher in allen CMMI-Reifegradmodellen enthalten sind. Die anderen sieben beziehen sich auf die Bereitstellung der zur Dienstleistungserbringung erforderlichen Ressourcen (*capacity and availability management*), die Wiederaufnahme der Dienstleistungserbringung nach Ausfällen (*service continuity*), die Entgegennahme von Dienstleistungsanfragen, die Vereinbarung entsprechender Leistungsniveaus und den Betrieb des Leistungserstellungssystems (*service delivery*), den Umgang mit und der Vorbeugung von Fehlern im laufenden Betrieb (*incident resolution and prevention*), die Konzeption neuer Leistungserstellungssysteme (*service system development*), die Einführung bzw. Ablösung von Leistungserstellungssystemen für neue bzw. nicht mehr angebotene Dienstleistungen (*service system transition*) sowie die Strategieentwicklung bez. des angebotenen Dienstleistungsportfolios (*strategic service management*).

Um herauszufinden, welche Prozessgebiete einzuführen und welche Verbesserungsmaßnahmen umzusetzen sind, hat der IT-Dienstleister folgende Schritte zu durchlaufen:

1. Priorisierung von Prozessgebieten
2. Konkretisierung von Prozessverbesserungsmaßnahmen und Bündelung zu Teilprojekten
3. Schätzung der barwertigen (Investitions-) Auszahlungen für die Umsetzung von generischen Prozessverbesserungsmaßnahmen (und Approximation durch stetige Auszahlungsfunktionen) bzw. von spezifischen Prozessverbesserungsmaßnahmen
4. Schätzung der zusätzlichen barwertigen Auszahlungen aus dem laufenden Geschäft und Approximation durch stetige Auszahlungsfunktionen
5. Schätzung der zusätzlichen barwertigen Einzahlungen aus dem laufenden Geschäft und Approximation durch eine stetige Einzahlungsfunktion

6. Ermittlung der optimalen Menge einzuführender Prozessgebiete, der zugehörigen optimalen Plan-Fähigkeitsgrade und Investitionsvolumina sowie der umzusetzenden Prozessverbesserungsmaßnahmen

Im Folgenden werden diese Schritte exemplarisch durchlaufen. In Schritt 1 wurden folgende drei Prozessgebiete als besonders sinnvoll befunden: Incident Resolution and Prevention ( $P_1$ ), Service Delivery ( $P_2$ ) und Requirements Management ( $P_3$ ). Gemäß einer Experteneinschätzung wirken sich alle Prozessgebiete relativ betrachtet gleich stark auf den Gesamt-Fähigkeitsgrad aus. Somit gilt,  $P = \{P_1, P_2, P_3\}$  und  $a_1 = a_2 = a_3 = 1$ .

In Schritt 2 wurden die in CMMI-SVC vorgeschlagenen Prozessverbesserungsmaßnahmen konkretisiert und Teilprojekten zugeordnet. Alle Prozessverbesserungsmaßnahmen (inkl. Nummerierung) zeigt [38] im Überblick. Für jede spezifische Prozessverbesserungsmaßnahme wurde ein Teilprojekt definiert. Für jeden Fähigkeitsgrad größer 1 wurden die generischen Prozessverbesserungsmaßnahmen zu zwei Teilprojekten identischen Umfangs zusammengefasst (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1: Zuordnung von generischen Prozessverbesserungsmaßnahmen zu Teilprojekten**

Teilprojekt (TP)	Zugeordnete generische Prozessverbesserungsmaßnahmen aus CMMI-SVC	Ausweisbarer Plan-Fähigkeitsgrad $c_i$
---	[Keine gen. Prozessverbesserungsmaßnahmen umgesetzt]	1,00
TP 2.1	2.1 + 2.2 + 2.3 + 2.4 + 2.5	1,50
TP 2.2	2.6 + 2.7 + 2.8 + 2.9 + 2.10	2,00
TP 3.1	3.1	2,50
TP 3.2	3.2	3,00
TP 4.1	4.1	3,50
TP 4.2	4.2	4,00
TP 5.1	5.1	4,50
TP 5.2	5.2	5,00

In den Schritten 3 und 4 wurden für jedes der drei Prozessgebiete zunächst die diskreten barwertigen Auszahlungen für die Teilprojekte zur Umsetzung spezifischer und generischer Prozessverbesserungsmaßnahmen sowie die zusätzlichen barwertigen Auszahlungen aus dem laufenden Geschäft geschätzt. Dazu konnte auf Verfahren der Projektplanung [9] und auf Aufwandsschätzverfahren aus dem Software Engineering (z. B. Function Points, COCOMO II [3; 10]) zurückgegriffen werden. Im vorliegenden Fall wurden die stetigen Auszahlungsfunktionen auf Basis von Polynomen zweiten Grades, also Parabeln – genauer gesagt deren aufsteigendem Ast –, approximiert (siehe Tabelle 2). Eine Approximation diskreter Auszahlungsreihen kann z. B. mithilfe der Regressionsanalyse erfolgen.

In Schritt 5 wurden die zusätzlichen barwertigen Einzahlungen aus dem laufenden Geschäft zunächst diskret geschätzt und durch eine stetige Einzahlungsfunktion approximiert. Diese lautet:  $I^{op}(f(\bar{c})) = 225 \cdot \sqrt{f(\bar{c})}$ .

<sup>3</sup> <http://www.salesforce.com>



**Tabelle 2: Beispielhafte Auszahlungsfunktionen**

$i$	$O_i^{\text{spec}\ddagger}$ [in TEUR]	$O_i^{\text{gen}}(c_i)^{\text{**}}$ [in TEUR]	$O_i^{\text{op}}(c_i)^{\text{**}}$ [in TEUR]
1	20	$8 \cdot c_1^2 - 12 \cdot c_1 + 4$	$5 \cdot c_1^2 + 4 \cdot c_1$
2	40	$4 \cdot c_2^2 - 5 \cdot c_2 + 1$	$4 \cdot c_2^2 + 7 \cdot c_2$
3	80	$5 \cdot c_3^2 - 6 \cdot c_3 + 1$	$3 \cdot c_3^2 + 4 \cdot c_3$

$\ddagger$  für  $P_i \in P^{\text{sel}}$ , 0 sonst  $\text{**}$  für  $c_i \geq 1$ ; 0 sonst

Abschließend gilt es in Schritt 6, unter Zuhilfenahme der bisherigen Zwischenergebnisse die optimale Menge einzuführender Prozessgebiete, die zugehörigen Plan-Fähigkeitsgrade und Investitionsvolumina sowie die umzusetzenden Prozessverbesserungsmaßnahmen zu identifizieren. Tabelle 3 zeigt für jede mögliche Teilmenge der Prozessgebiete aus  $P$  die (optimalen) Plan-Fähigkeitsgrade und die optimalen gesamten zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse gemäß Gleichung (3), die sich aus der Anwendung des inneren Optimierungsschritts ergeben (siehe Abschnitt 3.2). Zu beachten ist, dass die in Tabelle 3 gezeigten Werte bereits an die ausweisbaren Plan-Fähigkeitsgrade aus Tabelle 1 angepasst und daher abgerundet wurden. In eckigen Klammern finden sich die unbereinigten Werte, die sich unmittelbar aus der Optimierung ergeben. Um die Werte rechnerisch zu bestimmen wurde die Optimierungslogik prototypisch in Microsoft Excel implementiert. Die Lösung einzelner Probleminstanzen erfolgt anhand des im Lieferumfang enthaltenen Solver-Add-Ins. Aufgrund der allgemeinen Erkenntnisse aus Abschnitt 3 ist klar, dass die identifizierten Lösungen jeweils dem globalen Maximum entsprechen. Durch Anwendung des äußeren Optimierungsschritts lässt sich anschließend die zahlungsüberschussmaximale Prozessgebietmenge identifizieren. Dies entspricht der Zeile aus Tabelle 3 mit dem höchsten Wert in der rechten Spalte. Im vorliegenden Fall ist dies Zeile 5. Es gilt also,  $P^{\text{sel}} = \{P_1, P_2\}$ .

Demnach ist es ökonomisch sinnvoll,  $P_1$  und  $P_2$  einzuführen und dafür die ausweisbaren Plan-Fähigkeitsgrade 2,00 bzw. 2,50 anzustreben. Für  $P_1$  sind dazu sämtliche spezifischen Prozessverbesserungsmaßnahmen sowie gemäß Tabelle 1 die generischen Prozessverbesserungsmaßnahmen 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 aus TP 2.1 und TP 2.2 umzusetzen. Für  $P_2$  ist zusätzlich Maßnahme 3.1 aus TP 3.1 umzusetzen. Auf dieser Basis lässt sich unter Einsatz eines barwertigen Investitionsvolumens von 85,50 TEUR ( $= O_1^{\text{spec}} + O_2^{\text{spec}} + O_1^{\text{gen}}(2,00) + O_2^{\text{gen}}(2,50)$ ) ein gesamter zusätzlicher barwertiger Zahlungsüberschuss in Höhe von 321,30 TEUR erzielen. Die Rendite entspricht somit 376 %. Die Höhe erklärt sich in diesem Beispiel durch die sehr hohe Zahlungsbereitschaft der Kunden aus  $I^{\text{op}}(f(\bar{c}))$ .

Um das Ergebnis ökonomisch zu interpretieren, sind zunächst die ersten Ableitungen der Auszahlungen für generische Prozessverbesserungsmaßnahmen und aus dem laufenden Geschäft zu betrachten. Deren Summe repräsentiert die barwertigen Grenzauszahlungen für eine marginale Plan-Fähigkeitsgraderhöhung (siehe rechte Spalte aus Tabelle 4). Da wie eingangs geschildert die Prozessgebiete relativ zueinander gleich stark auf den Gesamt-Fähigkeitsgrad – und damit auf die zusätzlichen barwertigen laufenden Einzahlungen – wirken, können Grenzeinzahlungen hier für die Interpretation ausgeblendet werden. Betrachtet wird zunächst der Fall, dass nur ein Prozessgebiet aus  $P$  eingeführt werden darf. Aus Tabelle 4 ist ermittelbar, dass die Grenzauszahlungen von  $P_1$  diejenigen von  $P_2$  rechnerisch ab einem Plan-Fähigkeitsgrad von

0,625 – also immer für das in (A.5) geforderte Intervall  $1 \leq c_i \leq 5$  – übersteigen. Ebenso übersteigen die Grenzauszahlungen von  $P_2$  stets diejenigen von  $P_3$  (aus Tabelle 4 ersichtlich). Demnach gilt,  $c_3 > c_2 > c_1$ , weswegen die Entscheidung zunächst zu Gunsten von  $P_3$  ausfallen würde. Dies stützen die unbereinigten Plan-Fähigkeitsgrade der Zeilen 2–4 aus Tabelle 3. Jedoch sind auch die barwertigen Auszahlungen für spezifische Prozessverbesserungsmaßnahmen zu berücksichtigen (siehe linke Spalte aus Tabelle 2). Da diese für  $P_3$  erheblich höher sind als für  $P_2$ , würde im betrachteten Fall, die Entscheidung letztlich für  $P_2$  ausfallen. Auch deswegen, weil die niedrigeren barwertigen Auszahlungen für spezifische Prozessverbesserungsmaßnahmen von  $P_1$  nicht die höheren Grenzauszahlungen im Vergleich zu  $P_2$  kompensieren. Die unbereinigten Plan-Fähigkeitsgrade der Zeilen 5–8 aus Tabelle 3 stützen diese Argumentation auch allgemein für den Fall, dass mehr als ein Prozessgebiet eingeführt werden darf. Auch hier gilt – sofern jeweils betrachtet – stets  $c_3 > c_2 > c_1$ . Aufgrund der Ab- rundung gilt lediglich  $c_3 \geq c_2 \geq c_1$ .

**Tabelle 3: Plan-Fähigkeitsgrade und gesamte zusätzliche barwertige Zahlungsüberschüsse nach Prozessgebietmengen**

#	Einzuführende Prozessgebiete $\ddagger$			(Optimale) Plan-Fähigkeitsgrade			$CF^*(\bar{c}^*)$ [in TEUR]
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$c_1^{(*)}$	$c_2^{(*)}$	$c_3^{(*)}$	
1	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1	0	0	2,50 [2,86]	0,00 [0,00]	0,00 [0,00]	270,51 [273,06]
3	0	1	0	0,00 [0,00]	3,50 [3,59]	0,00 [0,00]	274,94 [275,03]
4	0	0	1	0,00 [0,00]	0,00 [0,00]	3,50 [3,75]	248,94 [249,71]
<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2,00</b> [2,21]	<b>2,50</b> [2,97]	<b>0,00</b> [0,00]	<b>321,30</b> [324,77]
6	1	0	1	2,00 [2,18]	0,00 [0,00]	3,00 [3,17]	296,12 [297,03]
7	0	1	1	0,00 [0,00]	2,50 [2,79]	3,00 [3,04]	284,67 [285,57]
8	1	1	1	1,50 [1,92]	2,50 [2,50]	2,50 [2,75]	310,39 [313,92]

$\ddagger$  0: Prozessgebiet wird nicht eingeführt, 1: Prozessgebiet wird eingeführt

Zusammenfassend konnte der IT-Dienstleister durch Anwendung des Optimierungsmodells konkrete Empfehlungen gewinnen, welche Prozessgebiete unter ökonomischen Gesichtspunkten eingeführt und welche Prozessverbesserungsmaßnahmen umzusetzen sind. Das Modell leistet also trotz der bei der Schätzung von Modellparametern und -funktionen unvermeidbaren subjektiven Einflüsse und Ungenauigkeiten wertvolle Hilfestellung bei der Planung von Prozessverbesserungsmaßnahmen.

**Tabelle 4: Erste Ableitungen der beispielhaften Auszahlungsfunktionen**

$i$	$\frac{\partial O_i^{\text{gen}}(c_i)}{\partial c_i}$ [in TEUR]	$\frac{\partial O_i^{\text{op}}(c_i)}{\partial c_i}$ [in TEUR]	$\frac{\partial O_i^{\text{gen}}(c_i)}{\partial c_i} + \frac{\partial O_i^{\text{op}}(c_i)}{\partial c_i}$ [in TEUR]
1	$16 \cdot c_1 - 12$	$10 \cdot c_1 + 4$	$26 \cdot c_1 - 8$
2	$8 \cdot c_2 - 5$	$8 \cdot c_2 + 7$	$16 \cdot c_2 + 2$
3	$10 \cdot c_3 - 6$	$6 \cdot c_3 + 4$	$16 \cdot c_3 - 2$

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel des Beitrags war, eine Antwort auf die Frage zu geben, welche Prozessgebiete eines gegebenen CMMI-basierten Reifegradmodells ein Unternehmen im Rahmen der Planung von Prozessverbesserungsmaßnahmen für einen einzelnen Leistungserstellungsprozess einführen und welche Reife- bzw. Fähigkeitsgrade es dafür anstreben sollte. Dazu wurde ein Optimierungsmodell vorgeschlagen, das Prozessverbesserungsmaßnahmen – und die damit einhergehende Verbesserung von Reife- bzw. Fähigkeitsgraden – als Investitionen interpretiert, für alle möglichen Prozessgebietmengen die maximalen zusätzlichen barwertigen Zahlungsüberschüsse ermittelt und die zahlungsüberschussmaximale Menge auswählt. Dadurch erhöht sich nicht nur die Entscheidungstransparenz, sondern auch die Ausrichtung an den Unternehmenszielen. Die Hauptschwierigkeit bei der Praxisanwendung dürfte in der Schätzung der Ein- und Auszahlungsfunktionen liegen. Sollten vorliegende Funktionsverläufe nicht den angenommenen Eigenschaften genügen oder nicht befriedigend approximierbar sein, so ist eine vollständig diskrete Variante des Optimierungsmodells anzuwenden. Das Modell ist insofern generalisierbar, als CMMI-basierte Reifegradmodelle zu den am häufigsten in der Praxis Eingesetzten zählen und zahlreiche Reifegradmodelle auf dem CMMI bzw. CMM beruhen. Selbst im Fall, dass ein Reifegradmodell zwar auf CMMI basiert, jedoch lediglich einen Kriterienkatalog zur Bestimmung von Reife- bzw. Fähigkeitsgraden und keine konkreten Verbesserungsmaßnahmen beinhaltet, kann das Optimierungsmodell angewendet werden, sofern eigene Verbesserungsmaßnahmen vorgeschlagen werden.

Das Optimierungsmodell weist folgende Limitationen auf, die in künftigen Forschungsarbeiten adressiert werden sollten:

1. Ein- und Auszahlungen werden aktuell als ex ante prognostizierbar angenommen. Während dies für kurze Planungshorizonte und genaue Schätzverfahren tolerierbar sein mag, werden Fehlentscheidungen bei längeren Planungshorizonten wahrscheinlicher. Daher wäre eine Erweiterung um risikobehaftete Zahlungsströme sinnvoll. Prozessverbesserungsmaßnahmen würden dann auf Basis erwarteter Barwerte, deren Streuungen und Risikopräferenzen geplant. Zudem wäre eine Ermittlung zentraler Einflussfaktoren hilfreich, um die Schätzung von Ein- und Auszahlungen zu unterstützen.
2. Bislang wurden allgemein konvexe Auszahlungs- und allgemein konkave Einzahlungsfunktionen unterstellt. Künftig könnte das Optimierungsmodell um andere Funktionstypen erweitert werden.
3. Das Optimierungsmodell leistet eine Ex-ante-Entscheidungsunterstützung bei der Bewertung von Plan-Alternativen. Eine zugehörige Ex-post-Kontrolle, welche die prognostizierten Wirkungen überprüft, und ggf. Korrekturmaßnahmen einleitet, ist noch zu ergänzen.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass das Optimierungsmodell trotz des diskutierten Verbesserungspotenzials ein erster Schritt in Richtung einer ökonomisch fundierten Planung von Prozessverbesserungsmaßnahmen ist.

## 6. LITERATUR

- [1] Anupindi, R., Chopra, S., Deshmukh, S. D., Van Mieghem, J. A. und Zemel, E. 2006. *Managing Business Process Flows*. Prentice-Hall, Inc., New York, USA.
- [2] Balasubramanian, S. und Gupta, M. 2005. Structural metrics for goal based business process design and evaluation. *Business Process Management Journal* 11, 6, 680-694.
- [3] Balzert, H. 1998. *Lehrbuch der Software-Technik. Software-Management, Software-Qualitätssicherung, Unternehmensmodellierung*. Spektrum, Heidelberg.
- [4] Baur, A., Merten, T. und Lörcher, M. 2005. *Handlungsanleitung zur Entwicklung der Prozessreife in prozessorientierten Unternehmen*. WEKA MEDIA, Kissing.
- [5] Becker, J., Kugeler, M. und Rosemann, M. 2008. *Prozessmanagement: ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung*. Springer, Heidelberg.
- [6] Becker, J., Knackstedt, R. und Pöppelbuß, J. 2009. Entwicklung von Reifegradmodellen für das IT-Management: Vorgehensmodell und praktische Anwendung. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 51, 3, 249-260.
- [7] Becker, J., Niehaves, B., Pöppelbuß, J. und Simons, A. 2010. Maturity Models in IS Research. In *Proceedings of the 18th European Conference on Information Systems* (Pretoria, 06. - 09. Juni 2010).
- [8] Becker, T. 2008. *Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren*. Springer, Heidelberg.
- [9] Bernecker, M. und Eckrich, K. 2003. *Handbuch Projektmanagement*. Oldenbourg, München.
- [10] Boehm, B. W., Abts, C., Windsor Brown, A., Chulani, S., Clark, B. K., Horowitz, E., Madachy, R., Reifer, D. und Steece, B. 2000. *Software Cost Estimation with COCOMO II*. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey.
- [11] BPM&O Architects GmbH 2009. *Umfrage Status Quo Prozessmanagement 2008/2009*. 2010-06-04. [http://www.prozessmanagement-news.de/bpm/opencms/de/downloads/Status\\_Quo\\_Prozessmanagement\\_2008\\_2009.pdf/](http://www.prozessmanagement-news.de/bpm/opencms/de/downloads/Status_Quo_Prozessmanagement_2008_2009.pdf/).
- [12] Bucher, T. und Winter, R. 2009. Geschäftsprozessmanagement – Einsatz, Weiterentwicklung und Anpassungsmöglichkeiten aus Methodensicht. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik* 266, 5-15.
- [13] Capgemini 2006. *Trends in der Versicherungswirtschaft - Industrialisierung nimmt Gestalt an*. 2010-06-04. [http://www.at.capgemini.com/m/at/tl/Trends\\_in\\_der\\_Versicherungswirtschaft.pdf](http://www.at.capgemini.com/m/at/tl/Trends_in_der_Versicherungswirtschaft.pdf).
- [14] Coenberg, A. G. und Salfeld, R. 2007. *Wertorientierte Unternehmensführung: Vom Strategieentwurf zur Implementierung*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- [15] Coenberg, A. G. und Bamberg, G. 2006. *Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre*. Vahlen Verlag, München.
- [16] Davamanirajan, P., Kauffman, R. J., Kriebel, C. H. und Mukhopadhyay, T. 2006. Systems Design, Process Performance, and Economic Outcomes in International Banking. *Journal of Management Information Systems* 23, 2, 65-90.
- [17] de Bruin, T., Freeze, R., Kulkarni, U. und Rosemann, M. 2005. Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model. In *Proceedings of the 16th Australasian Conference on Information Systems* (Sydney, 29. November - 02. Dezember 2005).

- [18] Doomun, R. und Jungum, N. V. 2008. Business process modelling, simulation and reengineering call centres. *Business Process Management Journal* 14, 6, 838-848.
- [19] Gartner 2010. *Leading in Times of Transition: The 2010 CIO Agenda*. 2010-06-04.  
[http://drishtikone.com/files/2010CIOAgenda\\_ExecSummary.pdf](http://drishtikone.com/files/2010CIOAgenda_ExecSummary.pdf).
- [20] Greb, T. und Kneuper, R. 2010. Unternehmenszielorientierte Prozessverbesserung mit CMMI. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik* 273, 97-105.
- [21] Gullidge, T. R., Hirschmann, P. und Scheer, A. 1997. Value-Based Management of Inter-Organizational Business Processes. In *Proceedings of the third international conference on Wirtschaftsinformatik '97 - Internationale Geschäftstätigkeit auf der Basis flexibler Organisationsstrukturen und leistungsfähiger Informationssysteme* (Berlin, Feb 26 - 28, 1997). Heidelberg, 73-98.
- [22] Hammer, M. und Champy, J. 1993. *Reengineering the corporation - A manifesto for business revolution*. Bealey, London.
- [23] Hammer, M. 2007. The Process Audit. *Harvard business review* 85, 4, 111-123.
- [24] Heilmann, H. und Kneuper, R. 2003. CMM (I)-Capability Maturity Model (Integration)-Ein Rahmen zur Gestaltung von Softwareentwicklungsprozessen. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 231, 63-70.
- [25] Huang, S. und Han, W. 2006. Selection priority of process areas based on CMMI continuous representation. *Information & Management* 43, 3, 297-307.
- [26] IT Governance Institute 2009. *CobIT 4.0 - Deutsche Ausgabe*. 2010-06-04.  
[http://www.isaca.ch/files/DO5\\_COBIT/CobIT%204.0%20Deutsch.pdf](http://www.isaca.ch/files/DO5_COBIT/CobIT%204.0%20Deutsch.pdf).
- [27] Jallow, A. K., Majeed, B., Vergidis, K., Tiwari, A. und Roy, R. 2007. Operational risk analysis in business processes. *BT Technology Journal* 25, 1, 168-177.
- [28] Kanevsky, V. und Housel, T. J. 1995. Value-Based Business Process Reengineering: An Objective Approach to Value Added. In *Business Process Change: Reengineering Concepts, Methods and Technologies*, Grover, V. and Kettinger, W. J. Eds. Idea Group Publishing, Hershey, PA, 376-401.
- [29] Mertens, P. 1996. Process Focus Considered Harmful? *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 38, 4, 446-447.
- [30] Neiger, D., Churilov, L., zur Muehlen, M. und Rosemann, M. 2006. Integrating Risks in Business Process Models with Value Focused Process Engineering. In *Proceedings of the 14th European Conference on Information Systems* (Gothenburg, 12. - 14. Juni 2006). 1606-1615.
- [31] Object Management Group 2008. *Business Process Maturity Model (BPMM) version 1.0*. 2010-12/02.  
<http://www.omg.org/spec/BPMM/1.0/PDF/>.
- [32] Opitz, O. 2004. *Mathematik: Lehrbuch für Ökonomen*. Oldenbourg, München.
- [33] Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B. und Weber, C. V. 1993. Capability maturity model, version 1.1. *IEEE Software* 10, 4, 18-27.
- [34] Perridon, L., Steiner, M. und Rathgeber, A. 2009. *Finanzwirtschaft der Unternehmung*. Vahlen, München.
- [35] Raffo, D., Settle, J. und Harrison, W. 1999. Estimating the financial benefit and risk associated with process changes. In *Proceedings of the First Workshop on Economics-Driven Software Engineering Research, International Conference on Software Engineering* (Los Angeles, 16. - 22. Mai 1999).
- [36] Rosemann, M. und de Bruin, T. 2005. Towards a business process management maturity model. In *Proceedings of the 13th European Conference on Information Systems* (Regensburg, May 26-28, 2005). Regensburg, 521-532.
- [37] Schober, F. und Gebauer, J. 2009. How Much to Spend on Flexibility? Determining the Value of Information System Flexibility. In *Proceedings of the 15th Americas Conference on Information Systems* (San Francisco, 06. - 09. August 2009).
- [38] Software Engineering Institute 2009. *CMMI for Services, Version 1.2*. 2009-06-04.  
<http://www.sei.cmu.edu/reports/09tr001.pdf>.
- [39] Tat Sze, C. und Müller, M. 2009. Reifegradmodell verbindet Prozesse mit Geschäftszielen. *Qualität und Zuverlässigkeit* 54, 1, 21-25.
- [40] Töpfer, A. 2007. *Six Sigma – Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null-Fehler-Qualität*. Springer, Heidelberg.
- [41] Varian, H. R. 2007. *Grundzüge der Mikroökonomik*. Oldenbourg, München.
- [42] Vitharana, P. und Mone, M. 2008. Measuring critical factors of software quality management: development and validation of an instrument. *Information Resources Management Journal* 21, 2, 18-37.
- [43] vom Brocke, J., Sonnenberg, C. und Simons, A. 2009. Wertorientiertes Prozessmanagement: State-of-the-Art und zukünftiger Forschungsbedarf. In *Business Services: Konzepte, Technologien, Anwendungen. 9. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik* (Wien, 25. - 27. Februar 2009). Österreichische Computer Gesellschaft, Wien, 253-262.
- [44] vom Brocke, J., Recker, J. C. und Mendling, J. 2010. Value-oriented process modeling: integrating financial perspectives into business process re-design. *Business Process Management Journal* 16, 2, 333-356.
- [45] Welge, M. und Al-Laham, A. 2007. *Strategisches Management - Grundlagen, Prozess, Implementierung*. Gabler, Wiesbaden.
- [46] Wilde, T. und Hess, T. 2007. Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik - Eine empirische Untersuchung. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 49, 4, 280-287.
- [47] Wolf, C. und Harmon, P. 2010. *The State of Business Process Management 2010*. 2010-07-25.  
[http://www.bptrends.com/members\\_surveys/deliver.cfm?report\\_id=1004&target=2009%20BPTrends%20State%20of%20Market%20Rept%20-FINAL%20PDF%20CAP%202-1-10.pdf&return=surveys\\_landing.cfm](http://www.bptrends.com/members_surveys/deliver.cfm?report_id=1004&target=2009%20BPTrends%20State%20of%20Market%20Rept%20-FINAL%20PDF%20CAP%202-1-10.pdf&return=surveys_landing.cfm).
- [48] Yu, B. und Wright, D. T. 1997. Software tools supporting business process analysis and modelling. *Business Process Management Journal* 3, 2, 133-150.