



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

**UNIA**  
Universität  
Augsburg  
University

Diskussionspapier WI-171

**Offshoring von  
Softwareentwicklungsprojekten -  
Ein COCOMO-basierter Ansatz zur  
Entscheidungsunterstützung**

von

Alexander Wehrmann, Daniel Gull

März 2006

in: Wirtschaftsinformatik, 48,6,2006

**Offshoring von Softwareentwicklungsprojekten**  
**Ein COCOMO-basierter Ansatz zur Entscheidungsunterstützung**

Alexander Wehrmann, Daniel Gull  
Universität Augsburg  
Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik und Financial Engineering  
Kernkompetenzzentrum IT & Finanzdienstleistungen, 86135 Augsburg

E-Mail: {alexander.wehrmann|daniel.gull}@wiwi.uni-augsburg.de

## **Offshoring von Softwareentwicklungsprojekten**

### **Ein COCOMO-basierter Ansatz zur Entscheidungsunterstützung**

#### **Kernpunkte**

Die Gesamtkosten eines Softwareprojektes können durch Auslagerung von Entwicklungsleistungen an einen Offshore-Drittanbieter erheblich reduziert werden. In diesem Beitrag wird gezeigt, wie sich die Kostenreduktionspotenziale verschiedener Sourcing-Alternativen objektivieren und quantifizieren lassen. Im vorgestellten Modell, das der Entscheidungsunterstützung dient, werden dabei neben den erwarteten Kostenvorteilen auch die damit verbundenen Risiken berücksichtigt.

- Eine starke Fokussierung auf Lohnkostenunterschiede provoziert beim Offshoring von Softwareentwicklungsprojekten geradezu eine Fehleinschätzung der erwarteten Einsparungen.
- Die Höhe der erzielbaren Kostenreduktion ist insbesondere von den Produktanforderungen des Softwareprojektes und den damit verbundenen unternehmensspezifischen Merkmalen des Drittanbieters abhängig.
- Je höher die Unsicherheit hinsichtlich der konkreten Ausprägung dieser Attribute ist, desto geringer sind die zu erwartenden Einsparungen. D. h. eine erhöhte Unsicherheit wirkt sich auf das Einsparungspotential stets negativ aus. Abweichungen in der Projektgröße hingegen spielen nur eine untergeordnete Rolle.

**Stichworte:** Aufwandsschätzverfahren, Offshoring, Softwareentwicklungsprojekte, COCOMO

**Zusammenfassung:** Der Beitrag adressiert die Frage, wie Softwareentwicklungsprojekte, die unter Beteiligung verschiedener Offshore-Dienstleister durchgeführt werden, zu bewerten sind und unterstützt somit die Gestaltung des Sourcingportfolios. Das vorgestellte Entscheidungsmodell baut auf dem etablierten Aufwandsschätzverfahren COCOMO (Constructive Cost Model) auf, wodurch der Transfer in die Praxis deutlich erleichtert wird. Ausgehend von den Kosten der Eigenentwicklung beschreibt es die Auswirkung der Sourcing-Entscheidung auf die Projektkosten und ermöglicht so eine Quantifizierung der erwarteten Einsparungen unter Berücksichtigung der damit verbundenen Unsicherheit. Hierbei wird u. a. deutlich, dass eine starke Fokussierung auf Lohnkostenvorteile Fehlentscheidungen begünstigt. Eine ausführliche Fallstudie zeigt die Operationalisierbarkeit des Modells und veranschaulicht die Ergebnisse.

### **Abstract**

The total costs for a software project can be significantly reduced by outsourcing development effort to an offshore service provider. This article shows how to identify and quantify the cost reduction potentials of different sourcing alternatives. The developed decision support model takes into account both, cost advantages and risks involved. Solely focusing on labour cost differences when offshoring software development, which is very common among practitioners, will usually lead to false project cost estimation. As shown by the model, achievable savings basically depend on the product type, the project settings and the company characteristics of the offshore provider involved. A higher uncertainty in these characteristics always reduces the expected savings, whereas the effect of an uncertain project size is negligible.

**Keywords:** Cost Estimation Model, Offshoring, Software Development Projects, COCOMO

# 1 Einleitung

Offshoring-Entscheidungen werden hauptsächlich getroffen, um Kostenreduktionspotenziale zu realisieren [Scha04, ATKe04]. Deshalb ist es wichtig, ein besseres Verständnis der Faktoren zu erhalten, welche die Kosten beeinflussen. Neben den am Markt einfach zu beobachtenden Lohnkosten ist die Produktivität der Softwareentwicklungsprozesse eine wesentliche, aber deutlich schwieriger zu bestimmende Determinante der Entwicklungskosten. Sie ist u. a. stark von unternehmens- und projektspezifischen Eigenschaften wie Teamstruktur, Prozessbeherrschung oder Entwicklungserfahrung abhängig [Boeh81]. Bleibt dieses unberücksichtigt, können die realisierten Einsparungen letztendlich deutlich von den erwarteten abweichen, und im ungünstigsten Fall ist die Fremdvergabe sogar teurer als die Eigenerstellung.

Dieser Beitrag greift die bisher übliche Vorgehensweise auf, wie Offshoring-Entscheidungen getroffen werden, und verdeutlicht die damit verbundene Problematik. Auf Basis des *Constructive Cost Modells* (COCOMO) wird eine Vorgehensweise vorgestellt, die es erlaubt, Offshoring-Potenziale besser abzuschätzen und zu quantifizieren. Darauf aufbauend wird die in Softwareentwicklungsprojekten inhärente Unsicherheit und deren Auswirkung auf Offshoring-Entscheidungen betrachtet.

Ausgangspunkt hierbei ist eine typische Entscheidungssituation, der sich viele (auch konzerninterne) IT-Dienstleister gegenübersehen:

- Der IT-Dienstleister soll für ein konkretes Softwareentwicklungsprojekt, dessen Anforderungen (z. B. von der Fachabteilung) bereits definiert wurden, ein Angebot abgeben.
- Der IT-Dienstleister konkurriert hierbei mit Drittanbietern oder steht auf Grund unternehmensinterner Kostensenkungsdebatten vor der Herausforderung, die Entwicklungskosten so gering wie möglich zu halten.
- Der IT-Dienstleister prüft, ob die Entwicklung von definierten Projektkomponenten an einen oder mehrere Offshoring-Dienstleister abgegeben werden sollen.

Um bewerten zu können, ob eine Verlagerung der Entwicklungsaktivitäten ökonomisch vorteilhaft ist, muss der beauftragte IT-Dienstleister im ersten Schritt eine Einschätzung darüber haben, welchen Aufwand die Applikationserstellung bei vollstän-

diger Eigenerstellung verursachen würde. Dieser Referenzwert wird im zweiten Schritt mit verschiedenen Offshoring-Alternativen verglichen.

Auf Grund des Zusammenhangs zwischen Preis und Qualität bei der Erstellung von Software [BaCK94] ist es jedoch für den Vergleich nicht ausreichend, verschiedene Angebote bei Offshoring-Dienstleistern einzuholen. Aus unrealistischen Angeboten können Folgeprobleme resultieren (z. B. Qualitätsprobleme, Kosten- oder Zeitüberschreitungen, Insolvenz des Anbieters etc.), die sich durch den Auftraggeber zumindest teilweise vermeiden lassen, indem die Preiskalkulation im Vorfeld überprüft und plausibilisiert wird.

## 2 Status quo Offshoring-Entscheidungen

Grundlage der Preiskalkulation (bei Eigenentwicklung oder bei teilweiser Fremdvergabe) ist i. d. R. der sich aus den Anforderungen und der damit verbundenen Komplexität ergebende, erwartete Entwicklungsaufwand ( $PM$ ), welcher mit den durchschnittlichen Personalkosten ( $w$ ) gewichtet wird:

$$C = w \cdot PM \tag{1}$$

Die Bewertung von Offshoring-Entscheidungen wird in der Praxis häufig mit einem vereinfachtem Ansatz durchgeführt: Im ersten Schritt wird davon ausgegangen, dass sich die bis zu 85% geringeren Personalkosten in einem Billiglohnland linear auf die Projektkosten auswirken. Zusätzliche Offshoringkosten (z. B. ITK-, Management- und Anpassungskosten), die das Einsparungspotenzial mindern, werden in einem zweiten Schritt abgeschätzt und über einen prozentualen Aufschlag berücksichtigt. Letztlich ergibt sich ein kalkulatorisches Einsparungspotential von 20% bis 40%.

Für viele Unternehmen bildet diese oder eine vergleichbare Vorgehensweise, bei der im Grunde genommen die Projektkosten bei Eigenerstellung mit einem Einsparungsfaktor ( $\alpha$ ) gewichtet werden, die Grundlage für die Offshoring-Entscheidung [Scha05]. Am Beispiel einer Fallstudie wird die Entscheidungssituation illustriert.

### **Beispiel (Einführung und Bewertungsweise 1):**

Eine führende Direktbank möchte ihr webbasiertes Portal um ein kundenindividuelles Beratungsmodul zur Altersvorsorgeberatung erweitern. Die verantwortliche Fachab-

teilung (Retail Banking) hat eine ausführliche Analyse durchgeführt und sämtliche Anforderungen in einem Fachkonzept festgehalten. Die Bank beauftragt die eigene IT-Abteilung mit der Umsetzung. Die IT-Abteilung, welche als Cost-Center fungiert, ist aufgefordert, ein Angebot abzugeben und ermittelt auf Basis der gegebenen Anforderungen den erwarteten Projektaufwand, welcher mit dem durchschnittlichen Lohnkostensatz gewichtet wird. Gleichzeitig wird geprüft, ob sich ein wesentlicher Teil der Entwicklungsarbeit (etwa 70%) an eines von zwei Offshoring-Unternehmen, zu denen bereits Geschäftsbeziehungen bestehen, vergeben lässt und welche Einsparungen erzielbar wären.

Mit dem indischen Offshoring-Unternehmen A wurden bereits erste Erfahrungen in gemeinsam durchgeführten Softwareentwicklungsprojekten mit vergleichbaren Anforderungen gesammelt. Es wird davon ausgegangen, dass für den ausgelagerten Projektteil mit Offshoring-Zusatzkosten in Höhe von etwa 15% der reinen Offshoringkosten  $C^{off}$  zu rechnen ist. Die durchschnittlichen Lohnkosten betragen nur 22% der hiesigen Kosten. Bei der geplanten Auslagerung von 70% der Entwicklungsarbeit an Anbieter A würden sich (bezogen auf die Kosten bei vollständiger Eigenentwicklung  $C^{on}$ ) relative Einsparungen von  $R = 52\%$  erzielen lassen:

$$R = \frac{C^{on} - (0,3 \cdot C^{on} + C^{off} + 0,15 \cdot C^{off})}{C^{on}} = \frac{C^{on} - C^{on} \cdot (0,3 + 0,7 \cdot 0,22 + 0,15 \cdot 0,7 \cdot 0,22)}{C^{on}} = 0,52$$

Zum Offshoring-Unternehmen B besteht erst seit kurzem eine Geschäftsbeziehung. Anbieter B, ein junges, dynamisches Unternehmen aus der Ukraine, profitiert momentan von niedrigen durchschnittlichen Lohnkosten, die derzeit nur 12% der hiesigen Kosten betragen. Auch hier wird mit vergleichbaren Offshoring-Zusatzkosten von etwa 15% gerechnet. Bei Verlagerung der Anwendungsentwicklung an Anbieter B, ist deshalb mit relativen Einsparungen in Höhe von  $R = 60\%$  zu rechnen.

$$R = \frac{C^{on} - (0,3 \cdot C^{on} + C^{off} + 0,15 \cdot C^{off})}{C^{on}} = \frac{C^{on} - C^{on} \cdot (0,3 + 0,7 \cdot 0,12 + 0,15 \cdot 0,7 \cdot 0,12)}{C^{on}} = 0,60$$

Dass derartige Vorgehensweisen offensichtlich problematisch sind, zeigt eine in 2005 durchgeführte Studie, in der eine Reihe von Unternehmen über die tatsächlich erzielten Offshoring-Einsparungen befragt wurden [ScWe05]: So gaben über 10% an, dass sie letztendlich keine Einsparungen realisieren konnten oder sogar Mehr-

aufwand hatten. Lediglich 52% der befragten Unternehmen konnten mit einer Auslagerung die Entwicklungskosten um mehr als 20% senken.

Eine Ursache für die zu optimistische Einschätzung kann in der starken Fokussierung auf Lohnkostendifferenzen bzw. der Vernachlässigung weiterer Aufwandsfaktoren begründet sein. Um ein besseres Verständnis der Kostenreduktionspotenziale zu erhalten, ist eine genauere Analyse der Aufwandsschätzung notwendig.

Die ersten Verfahren zur Aufwandsschätzung von Softwareentwicklungsprojekten basierten auf einer Studie von [Nels66], aus der in den 70er-Jahren eine Reihe von Modellen entstanden ist. Seitdem unterliegt die Entwicklung und Evolution dieser Modelle einer mehr oder weniger dynamischen Entwicklung, die dazu geführt hat, dass heute eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren existiert (für eine umfassende Übersicht s. bspw. [Devn04] oder [Jenn01]). Das wohl populärste algorithmische Verfahren, ist das *Constructive Cost Model* (COCOMO), welches seit seiner ersten Vorstellung mehrmals aktualisiert wurde. Insbesondere die letzte Aktualisierung hat dazu geführt, dass die Verbreitung von COCOMO wieder stark zugenommen hat [Krcm05, Seib05; Thal03]. Da alle nachfolgenden Ausführungen auf dem COCOMO-Modell basieren, wird dieses im nächsten Kapitel näher erläutert.

### **3 Aufwandsschätzung mit dem Constructive Cost Model**

Die Grundversion des COCOMO beinhaltet Verfahren, um den geschätzten Aufwand eines Softwareentwicklungsprojekts in Personenmonaten  $PM$ , zu berechnen. Wie in anderen Verfahren auch, gehen in das COCOMO als zentrale Bezugsgröße die in den einzelnen Komponenten neu zu erstellenden Lines of Code ( $LOC$ ), die zur Gesamtprojektgröße ( $Size$ ) saldiert werden, ein. Zur Bestimmung der  $LOC$  können sowohl algorithmische Verfahren, wie z. B. die *Function-* oder *Object-Point-Methode*, als auch historische Daten oder Expertenschätzungen herangezogen werden. Die Berechnung des daraus resultierenden Projektaufwandes wird mit einer Reihe projekt- und produktspezifischer Faktoren durchgeführt, die sich entweder multiplikativ (Aufwandsmultiplikatoren,  $EM$ ) oder exponentiell (Skalenfaktoren,  $SF$ ) auf den Projektaufwand auswirken. Zudem kann eine unternehmensspezifische Anpassung des COCOMO m. H. so genannter Kalibrierungsfaktoren ( $A$  und  $B$ ) erfolgen. Diese werden – sofern keine historischen Daten zur Verfügung stehen – standardmäßig auf die



empirisch ermittelten Werte  $A = 2,95$  und  $B = 0,91$  gesetzt. Das Grundmodell ist vergleichsweise einfach:

$$PM = A \cdot EM \cdot Size^{B+SF} \quad (2)$$

Je nach Projektphasen existieren unterschiedliche COCOMO-Teilmodelle: Im *Early Design-Modell* wird die Aufwandsberechnung beim Projektstart bzw. zu einem frühen Zeitpunkt durchgeführt. Typischerweise reichen in dieser Projektphase die verfügbaren Informationen noch nicht aus, um eine detaillierte Schätzung abgeben zu können. Da die Abschätzung vieler, detaillierter Einzelfaktoren zu diesem Zeitpunkt nur eine Scheingenauigkeit provozieren würde, gehen in das *Early Design-Modell* neben der Projektgröße und den Skalierungsfaktoren nur eine reduzierte Zahl zusätzlicher Aufwandsmultiplikatoren ein [vgl. Boeh00; Devn04].

Das *Post-Architecture-Modell* hingegen kommt entweder zum Einsatz „when top level design is complete and detailed information about the project is available [...]“ [Devn04] oder wenn es sich nicht um eine Neuentwicklung, sondern um Wartungs- oder Überarbeitungsprojekte handelt. Im Prinzip bildet das *Post-Architecture-Modell* nur eine Verfeinerung des *Early Design-Modells*, da die nun 17 Aufwandsmultiplikatoren eine Verfeinerung der sieben Aufwandsmultiplikatoren des *Early Design-Modells* darstellen [Boeh00].

Der Skalenfaktor  $SF$  setzt sich (für beide Teilmodelle) aus fünf zu schätzenden Einzelfaktoren  $SF_j$  zusammen. Zur Vereinfachung werden fortfolgend die Konstante  $B$  und die Skalenfaktoren  $SF_j$  zu einem neuen Faktor  $E$  zusammengefasst. Der Wertebereich für  $E$  ergibt sich aus dem COCOMO:  $E = B + \sum 0,01 \cdot SF_j$ , wobei für  $E$  gilt:  $E \in [0,97;1,23]$ .

Der Gesamtaufwandsmultiplikator  $EM$  (*Effort Multiplier*) ist das Produkt mehrerer Aufwandsmultiplikatoren  $EM_j$ . Sein Wertebereich ist gleichfalls durch das COCOMO festgelegt:  $EM = \prod EM_j$ , wobei gilt:  $EM \in [0,078;60,679]$ .

Welche Implikationen sich hieraus für die Plausibilisierung von Offshoring-Entscheidungen ergeben, wird nachfolgend diskutiert.

### 3.1 Constructive Cost Model und Offshoring

Das später vorgestellte Entscheidungsmodell geht von einem iterativ-inkrementellen Softwareentwicklungsprozess aus und beruht im Kern auf dem eingangs vorgestellten COCOMO und einem von [BeDR03] entwickelten *COCOMO-Derivat* zur Bestimmung einer optimalen Anzahl von Iterationen. Die iterativ-inkrementelle Vorgehensweise ist mittlerweile ein etablierter Standard [Krcm05], der sich bspw. auch im neu aufgelegten V-Modell XT der Koordinierungs- und Beratungsstelle der Bundesregierung wieder findet. Sie wird als ein zentraler Aspekt gesehen, der dazu beitragen kann, das Risiko bei der Anwendungsentwicklung zu minimieren [Boeh00; Kruc99]. Ein Inkrement bezeichnet dabei ein in sich geschlossenes Stück Software inklusive aller dazugehörigen Artefakte wie bspw. Anforderungsdokumentationen, Benutzerhandbücher und Schulungsunterlagen. Ein inkrementeller Softwareentwicklungsprozess sieht die Erstellung der Anwendung in einer Serie von Inkrementen, welche ggf. auch zur Auslagerung geeignet sind, vor und erlaubt kontrollierte Überarbeitungen und Verbesserungen.

Aus dem COCOMO ergeben sich nun zwei für Offshoring-Entscheidungen relevante Aspekte, die bisher kaum Beachtung finden:

- Zum einen der Sachverhalt, dass der prognostizierte Gesamtaufwand i. d. R. der Summe der einzelnen Inkrementaufwände, die ggf. an verschiedenen Standorten entstehen, entspricht [vgl. Boeh00].
- Zum anderen die Abhängigkeit des Entwicklungsaufwandes je Inkrement von unternehmens- und projektspezifischen Faktoren.

Der erste Punkt folgt aus der Tatsache, dass mit COCOMO immer das Gesamtprojekt betrachtet wird und der Exponent  $E$  i. d. R. ungleich bzw. meist größer eins ist. Um nun COCOMO auf einen iterativ-inkrementellen Softwareentwicklungsprozess anwenden zu können, führt [BeDR03] in seinem COCOMO-Derivat einen Faktor  $\delta$  („*glue-code*“) ein, welcher den Aufwand widerspiegelt, der notwendig ist, um ein Inkrement zu einem so genannten *build*, dem lauffähigen Ergebnis einer Iteration, hinzuzufügen.

Der zweite Punkt wird deutlich, wenn man das COCOMO näher betrachtet: In den Skalenfaktoren  $SF$  und in den Aufwandsmultiplikatoren  $EM$  werden die für ein Projekt charakteristischen unternehmens- bzw. projekt- und produktspezifischen Attribu-

te abgebildet. Die Schätzung erfolgt auf einer ordinalen Skala, indem jedem Attribut eine der folgenden Ausprägungen zugewiesen wird: Extra Low (XL), Very Low (VL), Low (L), Nominal (N), High (H), Very High (VH) und Extra High (XH). Jeder Ausprägung ist wiederum ein konkreter kardinaler Wert zugeordnet, woraus sich letztlich die zulässigen Wertebereiche für die Parameter  $E$  bzw.  $EM$  ergeben.

Einige der Attribute verändern sich durch Offshoring-Entscheidungen i. d. R. nicht. Attribute, welche bspw. die Produktkomplexität oder die Entscheidung der späteren Wiederverwendung von Komponenten betreffen, sollten sich qua Definition durch Offshoring-Entscheidungen nicht verändern. Einleuchtend ist ebenso, dass bspw. die Produktkomplexität oder das Datenvolumen unabhängig davon sein sollten, wie und wo das Produkt entwickelt wird.

**Tabelle 1** Übersicht der Offshoring-relevanten COCOMO-Faktoren [vgl. Boeh00]

Von Offshoring betroffene Skalenfaktoren		
Faktor		Beschreibung
Personal	PREC	Erfahrung mit vorliegendem Projekttyp
	TEAM	Teamstabilität
Prozess	FLEX	Entwicklungsdynamik
	RESL	Risikomanagement
	PMAT	Prozessgüte nach dem CMM
Von Offshoring betroffene Aufwandsmultiplikatoren		
Faktor		Beschreibung
Fähigkeiten (PERS)	ACAP	Fähigkeit zur Analyse
	PCAP	Erfahrung der Programmierer
	PCON	Personalstabilität
Erfahrung (PREX)	APEX	Anwendungserfahrungen
	LTEX	Erfahrungen mit der Programmiersprache
	PLEX	Erfahrung mit der Anwendungsplattform
Umgebung (FCIL)	SITE	Verteilung des Entwicklungsteams
	TOOL	Entwicklungstools
Zeitplan	SCED	Zeitliche Rahmenbedingungen

Andere Attribute hingegen, welche bspw. die Mitarbeitererfahrung beschreiben (z. B. die PERS- und PREX-Faktoren, vgl. Tabelle 1) sind ggf. hochgradig vom Entwicklungsstandort abhängig und die Onshore-Aufwandsmultiplikatoren werden sich deshalb mit großer Wahrscheinlichkeit von den Offshore-Aufwandsmultiplikatoren unterscheiden. Für den Fall, dass der Offshore-Dienstleister noch keine Kenntnis bzw. Erfahrung mit den speziellen fachlichen Anforderungen mitbringt, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass der entsprechende Offshore-Aufwandsmultiplikator höher ausfallen wird als der Onshore-Aufwandsmultiplikator. Weiter wird ggf. das Attribut SCED,

welches einen besonders hohen Wert annimmt, wenn der Zeitplan für das Projekt sehr eng gesteckt ist, für die Offshore-Alternative schlechter (höher) ausfallen, da die Zeit, die für Kommunikation und Koordination der Ergebnisse und Zwischenstände benötigt wird, für die eigentliche Entwicklung fehlt. Aufgrund solcher Überlegungen lassen sich eine Reihe von Attributen identifizieren, welche von Offshoring-Entscheidungen betroffen sein können. Die obige Tabelle 1 fasst die für die *Post-Architecture-Schätzung* relevanten und potenziell von Offshoring-Entscheidungen betroffenen Attribute zusammen. Auf eine detaillierte Beschreibung aller COCOMO-Faktoren wird an dieser Stelle verzichtet und stattdessen auf die Originalquelle verwiesen [Boeh00].

### 3.2 Offshoring Entscheidungs-Modell

Die vorhergehenden Überlegungen gehen nun in ein verbessertes Entscheidungsmodell ein, dessen zugrunde liegende Annahmen im Folgenden begründet werden:

- (A1) Die fertige Software entspricht der Menge aller Inkremente ( $T$ ). Die Gesamtgröße ( $Size \in \mathbb{N}$ ) des Softwareentwicklungsprojekts sei bekannt und entspricht der Summe der neu zu erstellenden *LOC* aller Inkremente. Zur Leistungserstellung steht eine Menge  $K$  alternativer Standorte zur Verfügung. Jedes Inkrement  $t \in T$  kann an genau einem Standort  $k \in K$  erstellt werden. Die Menge der Standorte besteht aus den Onshore- ( $K^{on} \subseteq K$ ) und Offshore-Standorten ( $K^{off} \subseteq K$ ). Es gilt:  $K^{on} \cup K^{off} = K$  und  $K^{on} \cap K^{off} = \emptyset$ .
- (A2) Es existiert eine Menge  $F$  von Abbildungen  $f : T \rightarrow K$ , die jedem Inkrement  $t \in T$  einen Standort  $k \in K$  zuordnet. Für alle Abbildungen  $f \in F$  gilt,  $f$  hat keinen Einfluss auf den erwarteten Nutzen und die Gesamtgröße *Size* des Softwareentwicklungsprojekts.
- (A3) Der Entscheider verfolgt das Ziel der Minimierung der Gesamtkosten  $C$ .
- (A4) Die zu erbringende Teilleistung eines Inkrements  $t$  im Verhältnis zur Gesamtleistung wird mit  $\delta_{t \in T} \in ]0;1]$  bezeichnet, wobei die Summe aller Anteile genau 1 ist, also der Gesamtleistung entspricht:  $\sum_{t \in T} \delta_t = 1$ . Mindestens die erste Teilleistung (bspw. zur Definition der grundlegenden Architektur, Identi-

fikation von Wiederverwendungspotenzial etc.) wird immer am eigenen Onshore-Standort entwickelt:  $\exists t, k : f(t) = k \in K^{on}$ ).

- (A5) Die Unterschiede im Entwicklungsaufwand zwischen den Standorten lassen sich auf die standortspezifischen Kalibrierungskonstanten ( $A_k$  und  $B_k$ ) und die Modellparameter ( $EM_k \in [0,078;60,679]$  und  $SF_k$ ) zurückführen. Diese können verschiedene, standortspezifische Ausprägungen innerhalb ihrer Definitionsbereiche annehmen, sind aber unabhängig von der Abbildung  $f$  des Projekts bekannt und konstant.
- (A6) Die Kosten  $c_t(f)$  für ein Inkrement  $t$  unter der Abbildung  $f \in F$  lassen sich über den anteiligen Inkrementaufwand  $\delta_t \cdot PM_t(f)$  in Personenmonaten durch Multiplikation mit dem spezifischen durchschnittlichen Standortfaktorkostensatz pro Personenmonat  $w_k = w_{f(t)}$  bestimmen.

$$c_t(f) = \begin{cases} c_t^{on} = \delta_t \cdot w_k \cdot PM_t(f), & \text{falls } f(t) = k \in K^{on} \\ c_t^{off} = \delta_t \cdot w_k \cdot PM_t(f), & \text{falls } f(t) = k \in K^{off} \end{cases}$$

- (A7) Da die Softwareentwicklung mittlerweile stark modular ist und der Entwicklungsprozess standardisiert ist, dominieren sprungfixe Kosten den Anteil der Offshoring-Zusatzkosten – sie fallen an sobald die Entscheidung getroffen wurde, ein Inkrement auszulagern – verändern sich jedoch kaum mit der Inkrementgröße. Für alle Standorte  $k \in K^{off}$  werden somit anfallende Offshoring-Zusatzkosten  $z_k$ , wie Transaktions-, Koordinations- und Reisekosten, additiv berücksichtigt. Variable Zusatzkosten für den an diesem Standort zu entwickelnden Anteil  $\delta_t$  und das Inkrement  $t$  werden vernachlässigt. Für alle Onshore-Standorte  $k \in K^{on}$  fallen keine Zusatzkosten an.

$$z_k(f) = \begin{cases} 0, & \text{falls } f(t) = k \in K^{on} \\ z_k, & \text{falls } f(t) = k \in K^{off} \end{cases}$$

Eine Abbildung, die mindestens ein Inkrement  $t$  auf einen Offshoring-Standort abbildet, ist gegenüber einer anderen Abbildung, die die alle Inkremente  $t$  auf Onshoring-

Standorte abbildet, genau dann vorteilhaft, wenn gilt, dass die Gesamtkosten ohne Offshoring  $C^{on}(f)$  größer sind als die Gesamtkosten mit Offshoring  $C^{off}(f)$ :

$$C(f) = \begin{cases} C^{on} = \sum_{i \in T} c_i^{on} = \sum_{i \in T} [\delta_i \cdot w_k \cdot PM_i(f)], & \text{falls } \forall t, k : f(t) = k \in K^{on} \\ C^{off} = \sum_{i \in T} c_i^{off} + z_k(f) = \sum_{i \in T} [\delta_i \cdot w_k \cdot PM_i(f) + z_k(f)], & \text{falls } \exists t, k : f(t) = k \in K^{off} \end{cases}$$

Der Entscheider wird versuchen, die Einsparungen gegenüber der vollständigen Eigenentwicklung zu maximieren. Da sich die Überlegungen, welche für ein Inkrement gelten, auf  $n$  Inkremente übertragen lassen, wird im Folgenden der vereinfachte Fall einer Entscheidungssituation untersucht, bei der nur genau ein bestimmtes, aber beliebiges Inkrement  $t \in T$  an einen Billiglohn-Standort verlagert werden kann. Alle anderen Inkremente werden auf denselben Onshore-Standort abgebildet. D. h. es existieren genau zwei Standorte ( $|K^{off}| = |K^{on}| = 1$ ).

Der Kostenunterschied  $\Delta C$  zwischen den zwei alternativen Abbildungen ( $f_{on}, f_{off} \in F$ , wobei für genau ein Inkrement gilt:  $t, k : f_{off}(t) = k \in K^{off}$  bzw.  $\forall t, k : f_{on}(t) = k \in K^{on}$ ), lässt sich unabhängig von der Gesamtzahl der Inkremente auf die Inkrement-Kostendifferenz zwischen Onshore- und Offshore-Standort reduzieren:

$$\Delta C = C^{on} - C^{off} = (\delta_t \cdot w^{on} \cdot PM^{on}) - (\delta_t \cdot w^{off} \cdot PM^{off} + z^{off}) \quad (3)$$

Wie in Abschnitt 3 gezeigt, wird der Projektaufwand gemäß COCOMO wie folgt ermittelt:  $PM = A \cdot EM \cdot Size^E$ . Eingesetzt in die obige Gleichung erhält man folgenden Ausdruck:

$$\Delta C = (w^{on} \cdot \delta_t \cdot A^{on} \cdot EM^{on} \cdot Size^{E^{on}}) - (w^{off} \cdot \delta_t \cdot A^{off} \cdot EM^{off} \cdot Size^{E^{off}} + z^{off})$$

Werden die Linearfaktoren  $w$  und  $EM$  jeweils zu einem neuen Faktor  $M^{on}$  bzw.  $M^{off}$  zusammengefasst, verkürzt sich der obige Ausdruck:

$$\Delta C = (\delta_t \cdot M^{on} \cdot Size^{E^{on}}) - (\delta_t \cdot M^{off} \cdot Size^{E^{off}} + z^{off})$$

$M^{off}$  und  $E^{off}$  lassen sich in Abhängigkeit von  $M^{on}$  bzw.  $E^{on}$  beschreiben. Hierbei wird analog zum COCOMO ähnlich wie bei den Kalibrierungskonstanten verfahren: Im Exponenten erfolgt die Anpassung über einen additiven, im Linearfaktor über einen multiplikativen Term (vgl. 3):

$$M^{off} = \alpha \cdot M^{on} \text{ bzw. } E^{off} = E^{on} + \varepsilon$$

Damit kann der Kostenunterschied (anstatt als Differenz) als Produkt beschrieben werden, von welchem noch die Offshoring-Zusatzkosten  $z^{off}$  zu subtrahieren sind.

$$\Delta C = \delta_t \cdot M^{on} \cdot Size^{E^{on}} (1 - \alpha \cdot Size^\varepsilon) - z^{off} \quad (4)$$

Hierbei drückt der Koeffizient  $\alpha \in \mathfrak{R}_+$  den Vor- bzw. Nachteil in den Linearfaktoren aus, den der Offshore-Dienstleister gegenüber dem eigenen Standort realisieren kann, wobei die Lohnkostendifferenz bereits in  $\alpha$  enthalten ist. Analog dazu entspricht der Parameter  $\varepsilon \in [-0,21;0,21]$  – für den gemäß COCOMO nur Werte innerhalb eines geschlossenen Intervalls zulässig sind – dem Vor- bzw. Nachteil, welcher in den Skalenfaktoren begründet ist.

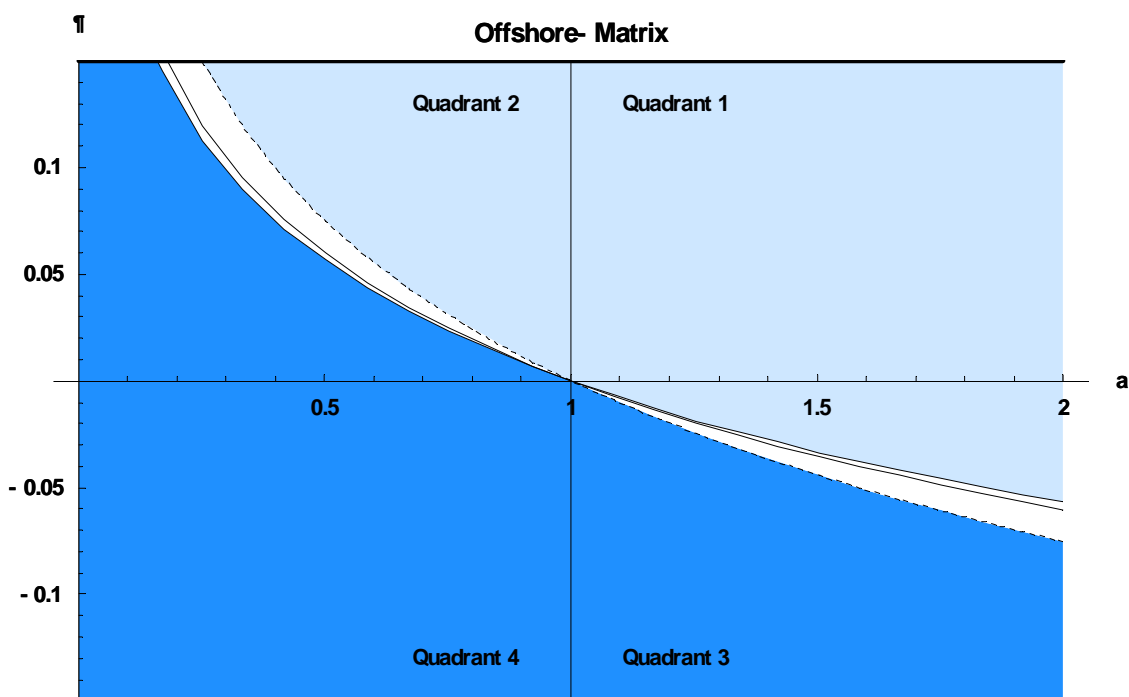
Die Ausprägung des Faktors  $(1 - \alpha \cdot Size^\varepsilon)$ , der fortfolgend als *relativer Einsparungskoeffizient*  $R \in ]-\infty;1]$  bezeichnet wird, beschreibt die Kostenrelation zwischen den zwei Standorten in Abhängigkeit der exogen gegebenen Parameter  $\alpha$  und  $\varepsilon$  und der Projektesamtgröße  $Size$ . Da er zudem unabhängig von der Inkrementgröße ist, kann der Index  $t$  entfallen. Für ein beliebiges Inkrement  $t$  ist die Verlagerung der Entwicklung genau dann vorteilhaft, wenn die absolute Einsparung  $\Delta C$  positiv ist, d. h.  $\Delta C > 0$  bzw.  $R$  größer ist als das Verhältnis von Offshoring-Zusatzkosten ( $z^{off}$ ) zu anteiligen Inkrementkosten ( $\delta_t \cdot M^{on} \cdot Size^{E^{on}}$ ). Dieses Verhältnis wird fortfolgend als *relative Offshoring-Zusatzkosten* bezeichnet.

$$(1 - \alpha \cdot Size^\varepsilon) > \frac{z^{off}}{\delta_t \cdot M^{on} \cdot Size^{E^{on}}} \quad (5)$$

Entscheidungsregeln, wie sie in der Praxis zu finden sind (s. o.), stellen unter den gegebenen Annahmen demnach nur unwahrscheinliche Spezialfälle dar, bei denen zwischen zwei Anbietern in den Skalenfaktoren und Aufwandsmultiplikatoren keine Unterschiede bestehen und Kostenunterschiede lediglich in den Lohnkostenunterschieden und den Zusatzkosten begründet sind. In allen anderen, wesentlich realisti-

scheren Fällen, müssen zur Beurteilung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit weitere Parameter berücksichtigt werden.

Lässt man die Offshoring-Zusatzkosten zunächst außer Acht, muss als Voraussetzung, um überhaupt Einsparungen erzielen zu können,  $R > 0$  gelten. Von besonderem Interesse ist zunächst genau die Grenze, an der  $(1 - \alpha \cdot Size^\varepsilon) = 0$  gilt. Die zulässigen Wertebereiche für  $\alpha$  und  $\varepsilon$  sind bekannt und ergeben sich aus den zulässigen Wertebereichen des COCOMO und den Lohnkostenunterschieden. Für den Parameter  $Size$  wird ein realistischer Wertebereich wie folgt festgelegt: Als untere Grenze bietet sich die Mindestinkrementgröße (1.000 LOC) an, die notwendig ist, um das COCOMO-Verfahren überhaupt anwenden zu können. Wählt man als obere Grenze den Wert 200.000 LOC, erhält man für  $Size \in [1.000; 200.000]$  ein Intervall, in dem sich rund 90% aller Softwareentwicklungsprojekte befinden [SoMS05].



**Bild 1** Ausprägungen der relativen Einsparungen in Abhängigkeit von  $\alpha$ ,  $\varepsilon$  und  $Size$

Das obige Bild zeigt für die Ausprägung von  $R$  in Abhängigkeit von  $\alpha$ ,  $\varepsilon$  und  $Size$ , wobei nur drei Bereiche unterschieden werden: im ersten Bereich (=dunkle Fläche) gilt unabhängig von der Projektgröße  $R > 0$ , d. h. hier lassen sich stets Einsparungen erzielen. Im zweiten Bereich (=helle Fläche) gilt wiederum unabhängig von  $Size$   $R < 0$ . Damit sind in diesem Bereich nie Einsparungen möglich. Der dritte Bereich (=weiße Fläche) wird durch das, für die Projektgröße  $Size$  vorgegebene Intervall eingegrenzt: An der durchgezogenen Linie am Rand des kritischen Bereichs gilt  $R = 0$ ,



d. h. Kostenäquivalenz gegenüber dem eigenen Standort, für maximal große Projekte mit 200.000 LOC. An der gestrichelten Linie gilt  $R = 0$  für sehr kleine Projekte mit 1.000 LOC. Die Linie dazwischen bildet die Grenzlinie für Projekte mit 100.000 LOC. Der eigene Standort erhält stets die  $(\alpha, \varepsilon)$ -Koordinaten (1,0), jeder Offshore-Anbieter wird durch seine konkrete  $(\alpha, \varepsilon)$ -Position charakterisiert, die mit einem bestimmten Kostenreduktionspotenzial verbunden ist.

Wenig überraschend ist der Sachverhalt im ersten und vierten Quadranten: Sofern der potenzielle Anbieter in den Parametern  $\alpha$  und  $\varepsilon$  „besser“ (also  $\alpha < 1$  und  $\varepsilon < 0$ ) bzw. in beiden Parametern „schlechter“ ist (also  $\alpha > 1$  und  $\varepsilon > 0$ ), lassen sich unabhängig von der Projektgröße immer bzw. nie Einsparungen realisieren. Interessant sind nun insbesondere folgende Aspekte, die sich unmittelbar aus obiger Darstellung ergeben:

Der kritische Bereich, in welchem  $R$  von der Inkrementgröße abhängt, ist überraschend schmal. D. h. obwohl die Projektgröße einen wesentlichen Einfluss auf den Projektaufwand und damit auf die Projektkosten hat, spielt sie (unter den gegebenen Annahmen) hinsichtlich der Frage der Einsparpotenziale offensichtlich eine untergeordnete Rolle. Da man i. d. R. die Projektgröße auf ein wesentlich kleineres Intervall (als zwischen sehr klein und sehr groß) eingrenzen kann, ist der kritische Bereich realistischerweise sogar deutlich schmaler bzw. die Bereiche, in welchen sich unabhängig von der Projektgröße immer bzw. nie Einsparungen realisieren lassen, entsprechend größer.

Wie nachfolgend am Beispiel der Fallstudie illustriert wird, ändert sich dieser Sachverhalt auch dann nicht, wenn die bisher vernachlässigten relativen Offshoring-Zusatzkosten berücksichtigt werden. Zudem lässt sich zeigen, wie eine pragmatische Abschätzung der für Offshoring-Fragestellungen wichtigen Parameter  $\alpha$  und  $\varepsilon$  erfolgen kann.

#### **Beispiel (Bewertungsweise 2):**

Durch die Beauftragung des Anbieters A lässt sich (wie eingangs erwähnt) ein Lohnkostenvorteil realisieren. Daneben sind eine Reihe weiterer Faktoren zu berücksichtigen. Im ersten Schritt werden die Unterschiede in den Aufwandmultiplikatoren abgeschätzt.

Gegenüber dem eigenen Unternehmen, an dem langjährige Mitarbeiter mit tiefem Domänen- und IT-Know-how verfügbar sind, werden die personalspezifischen Attribute  $ACAP$ ,  $PCAP$  und  $PCON$  (vgl. Tabelle 1) des Anbieters A teilweise als schlechter eingeschätzt. Für das eigene Unternehmen werden die Attributausprägungen durchweg als „sehr gut“ eingeschätzt, woraus sich – gemäß COCOMO – für die eigenen Attribute  $\{ACAP^{on}, PCAP^{on}, PCON^{on}\}$  die Werte  $\{0,71; 0,76; 0,81\}$  ergeben.

Für den Anbieter A hingegen, werden die Attribute  $ACAP^{off}$  und  $PCON^{off}$  gemäß COCOMO als „normal“,  $PCON^{off}$  als „gut“ eingeschätzt, woraus sich die Ausprägungen  $\{ACAP^{off}, PCAP^{off}, PCON^{off}\} = \{1; 1; 0,9\}$  ergeben.

Hinsichtlich der Unternehmenserfahrung in der Entwicklung bankfachlicher Anwendungen, die sich im Multiplikator  $APEX$  niederschlägt, wird Anbieter A als unwesentlich schlechter beurteilt. Ebenso werden die Faktoren, welche die Plattform- und Toolererfahrung widerspiegeln ( $LTEX$  und  $PLEX$ ) als gleichwertig angesehen. Aber es ist davon auszugehen, dass sich durch die Inanspruchnahme der Offshoring-Dienstleistung die Aufwandsmultiplikatoren  $SITE$  und  $SCED$  in ihren Werten leicht verschlechtern. Dadurch, dass das Projekt an mehreren Standorten, international verteilt, stattfinden würde, müsste der Wert für  $SITE$  auf 1,22 (anstatt 1) korrigiert werden. Außerdem würden die im Falle der Auslagerung zusätzlich notwendigen Aktivitäten (z. B. Vertragsgestaltung, Detaillierung des Fachkonzepts etc.) Zeit beanspruchen, die von der insgesamt zur Verfügung stehenden Projektzeit abzuziehen ist, sodass sich der voraussichtliche Wert für das Attribut  $SCED$  von 1 auf 1,14 verschlechtern würde.

Insgesamt ergibt sich damit für den Anbieter A ein unter Berücksichtigung der Lohnkostenvorteile (von 78%) für den Parameter  $\alpha_A$  ein Wert von  $\alpha_A = 0,7$ . D. h. die schlechteren Werte in den Aufwandsmultiplikatoren, werden nach wie vor durch den Lohnkostenvorteil überkompensiert.

Hinsichtlich der Skalenfaktoren ergibt sich folgendes Bild: Anbieter A verfügt nicht über eine vergleichbar große Projekthistorie ähnlicher Projekte, sodass das projektspezifische Attribut  $PREC$  gegenüber dem eigenen Unternehmen als eine Stufe schlechter beurteilt wird. Hieraus resultiert eine Differenz in den Attributausprägungen

gen von 1,24. Hinsichtlich des Attributs *TEAM* wird davon ausgegangen, dass sich dessen Ausprägung bei einer internationalen Zusammenarbeit von 1,1 – was dem COCOMO-Wert für „sehr gut“ entspricht – auf 2,19 leicht verschlechtert, sodass hieraus ein Skalenfaktorunterschied von 1,09 resultiert. Aus dem Attribut *PMAT*, dessen Ausprägung die Prozessgüte wiedergibt, ergibt sich eine negative Skalenfaktordifferenz von  $-1,43$ , da der Anbieter A einen höheren CMMI-Level aufweist.

Ferner werden die Attributausprägungen *RESL* und *FELX* als gleichwertig eingeschätzt. Da sich die Skalenfaktoren insgesamt additiv verhalten, ist der Skalenfaktor des Anbieters A um 0,9 schlechter als der des eigenen Unternehmens, woraus letztlich ein Parameterwert für  $\varepsilon$  in Höhe von  $\varepsilon_A = +0,01$  resultiert (die Summe aller Skalenfaktoren wird im COCOMO mit 0,01 gewichtet, s. o.). Vergleichbare Überlegungen lassen sich für den Anbieter B anstellen und führen zu den Parameterwerten  $\alpha_B = 0,5$  und  $\varepsilon_B = +0,04$  (vgl. Punkte A und B in Bild 2).

Da es sich bei dem Projekt außerdem um ein Großprojekt handelt, lässt sich der Wertebereich für *Size* ohne weiteres auf die obere Hälfte des oben begründeten Intervalls einschränken ( $Size \in [100000; 200000]$ ). Die ursprünglich angenommenen 15% für die relativen Offshoring-Zusatzkosten werden sicherheitshalber sowohl für Projekte am unteren Rand des Intervalls, als auch für sehr große Projekte unterstellt. Sie verursachen die Linksverschiebung der kritischen Linien gegenüber der vorherigen Darstellung. Damit lässt sich der neue Sachverhalt visualisieren (s. **Bild 2**, Punkte A und B): Anbieter A und B liegen beide im Bereich, indem sich grundsätzlich Einsparungen realisieren lassen (=dunkle Fläche). Der große Unterschied in den Kosteneinsparungspotenzialen zwischen den beiden Anbietern hat sich gegenüber der ersten Betrachtungsweise jedoch deutlich relativiert:

Bei Verlagerung an den Anbieter A sind relative Einsparungen in Höhe von  $R^A = 0,21$  bei Anbieter B in Höhe von  $R^B = 0,24$  zu erwarten.

### 3.3 Modellvalidierung und Anwendung in der Praxis

Die bisherigen Überlegungen zeigen sehr schön, wie sich – neben dem wichtigen Kriterium der Lohnkostenunterschiede – weitere Kriterien, welche die Vorteilhaftigkeit von Offshoring-Entscheidungen beeinflussen, quantifizieren und in die Bewertung der Alternativen einbeziehen lassen.

Ob sich das Modell in die Praxis transferieren lässt, ist zunächst davon abhängig, inwieweit die (auf Basis der Annahmen) erstellten Berechnungen korrekt sind und die Ergebnisse eine akzeptable Realitätstreue aufweisen. Dieser Prozess der Beurteilung wird als Validierung bezeichnet [IEEE90]. Das hier vorgestellte Modell basiert im Kern auf dem von Barry Boehm entwickelten Aufwandsschätzverfahren COCOMO, sodass zunächst die Frage nach der Güte des COCOMO gestellt werden muss: dessen Schätzgenauigkeit wurde u. a. von [Kemer87] und [MiMo85] untersucht. Im Ergebnis zeigen beide Untersuchungen, dass COCOMO bei adäquater Kalibrierung hinreichend gute Schätzgenauigkeit aufweist [vgl. auch BaJK95].

In der Praxis sind jedoch i. A. die COCOMO-Parameter der am Softwareentwicklungsprozess beteiligten Parteien nicht bekannt bzw. exakt ermittelbar. Die Auswirkungen dieser Unsicherheit auf das Entscheidungsmodell werden im folgenden Abschnitt vorgestellt.

### 3.3.1 Modellanwendung unter Unsicherheit

Bisher wurde davon ausgegangen, dass sich die für die Frage des Kosteneinsparungspotenzial wichtigen Parameter  $\alpha$ ,  $\varepsilon$  und  $Size$  eindeutig bestimmen lassen (vgl. (A.5)). Die Praxis zeigt jedoch, dass speziell bei Softwareentwicklungsprojekten die Abschätzung der Projektparameter, der voraussichtlichen Projektgröße bzw. Projektdauer i. d. R. mit Unsicherheit verbunden ist – u. a. können auch derartige Fehleinschätzungen ursächlich für das Verfehlen der prognostizierten Vorteilhaftigkeit sein.

Ein Vorteil des hier vorgestellten Modells liegt allerdings darin, dass – im Gegensatz zur Aufwandsschätzung mit COCOMO – die absoluten Werte der Onshore- und Offshore-Parameter nicht bekannt sein müssen, sondern lediglich deren Differenzen bzw. Verhältnisse zueinander. Die Anwendung in der Praxis wird dadurch zwar vereinfacht, die Unsicherheit der Projektgröße  $Size$  und der Modellparameter  $\alpha$  und  $\varepsilon$  kann aber grundsätzlich nicht vollständig eliminiert werden.

Bevor die Anwendung des Modells unter Unsicherheit näher betrachtet wird, ist festzulegen, wie der Entscheidungsträger unter Unsicherheit entscheidet. Wir gehen für die nachfolgende Betrachtung von einem *risikoneutralen Entscheider* aus, der sich ausschließlich am Erwartungswert orientiert und eine Alternative mit niedrigeren erwarteten Kosten gegenüber einer anderen mit höheren präferiert.

### 3.3.2 Unsicherheit in den Modellparametern

Es lässt sich zeigen, dass von den mit großer Unsicherheit behafteten Modellparametern die ermittelte Projektgröße  $Size$ , welche im COCOMO die Grundlage zur Berechnung des Projektaufwands bildet, im Endeffekt nur unwesentlichen Einfluss auf die mit einer Offshoring-Entscheidung verbundenen, relativen Einsparungen hat. Selbst bei maximal schlechter Schätzung der Projektgröße und extrem ungünstigen (und unwahrscheinlichen) Parameterkonstellationen, werden die erzielten Einsparungen aufgrund von Fehleinschätzungen des Parameters  $Size$  nur um wenige Prozentpunkte vom erwarteten Wert abweichen (vgl. Anhang I). Ohne Fehlentscheidungen zu provozieren kann deshalb für die Projektgröße nach wie vor ein realistischer, mittlerer und diskreter Wert angenommen werden.

Wesentlich bedeutsamer sind die Parameter  $\alpha$  und  $\varepsilon$ , welche sich aus den Unterschieden in den COCOMO-Attributen und den Lohnkosten von Onshore- und Offshore-Anbieter ergeben (vgl. 3.2). Deren Unsicherheit resultiert vor allem in der Fehleinschätzung der anbieterseitigen Attributausprägungen. Der Aufwandsmultiplikator  $EM^{off}$  ist das Produkt nicht dominierender, unabhängiger und nichtnegativer Teilfaktoren [vgl. Boeh02]. Werden diese Teilfaktoren jeweils als unsichere Größen (Zufallsvariablen) mit beliebiger Verteilung aufgefasst, folgt aus dem zentralen Grenzwertsatz unmittelbar, dass sich die Wahrscheinlichkeitsverteilung von  $EM^{off}$  einer Lognormalverteilung annähert. D. h. ungeachtet der Verteilungen der Einzelfaktoren kann für  $EM^{off}$  eine realitätsnahe [vgl. DeMa82; Gaul04; KPMG94; Stan04], linkschiefe, nach unten begrenzte Verteilung angenommen werden. Da der eigene Aufwandsmultiplikator  $EM^{on}$  nach wie vor als sicher angenommen werden kann, ist der Parameter  $\alpha$  ( $\alpha := \frac{EM^{off}}{EM^{on}}$ ) folglich ebenso unsicher und lognormal. Er wird im Weiteren als  $\tilde{\alpha} \sim LN(\mu_\alpha; \sigma_\alpha)$  bezeichnet, um kenntlich zu machen, dass es sich hierbei um eine lognormal verteilte Zufallsgröße handelt.

Der Skalenfaktor  $SF^{off}$  des Offshorers ist die Summe unabhängiger Teilfaktoren. Der zentrale Grenzwertsatz besagt, dass die Summe hinreichend vieler unabhängiger Zufallsvariablen beliebiger Verteilung annähernd normalverteilt ist und damit ebenso in erster Näherung der Parameter  $\varepsilon$ , der fortfolgend als normalverteilte Zufallsvariable  $\tilde{\varepsilon} \sim N(\mu_\varepsilon; \sigma_\varepsilon)$  bezeichnet wird. Wie sich leicht nachvollziehen lässt, sind bei diskreter Projektgröße die Zufallsvariable  $\tilde{S} = Size \tilde{\varepsilon}$  und auch das Produkt aus  $\tilde{\alpha} \cdot \tilde{S}$

lognormal. Diese Schlussfolgerung ist realistisch, weil die resultierende Zufallsvariable  $\tilde{R}$  (unsichere, relative Einsparungen) stets Element des Intervalls  $]-\infty;1]$  ist.

Die sich ergebende Konsequenz ist äußerst interessant: Da der Erwartungswert einer lognormalverteilten Zufallsvariablen ansteigt, sobald sich deren Standardabweichung erhöht, führt eine höhere Unsicherheit unweigerlich dazu, dass der Erwartungswert des Produkts  $\tilde{\alpha} \cdot \tilde{S}$  steigt bzw. der Erwartungswert der relativen Einsparungen  $\tilde{R}$  sinkt. Wegen der Unabhängigkeit von  $\tilde{\alpha}$  und  $\tilde{S}$  gilt:

$$E(\tilde{R}) = E(1 - \tilde{\alpha} \cdot \tilde{S}) = 1 - E(\tilde{\alpha}) \cdot E(\tilde{S}) = 1 - E(\tilde{\alpha}) \cdot E(\text{Size}^{\tilde{\varepsilon}})$$

Das heißt: Je größer die Unsicherheit bezüglich der Parameterausprägungen ist, desto geringer ist der Erwartungswert des relativen Einsparungskoeffizienten  $E(\tilde{R})$ .

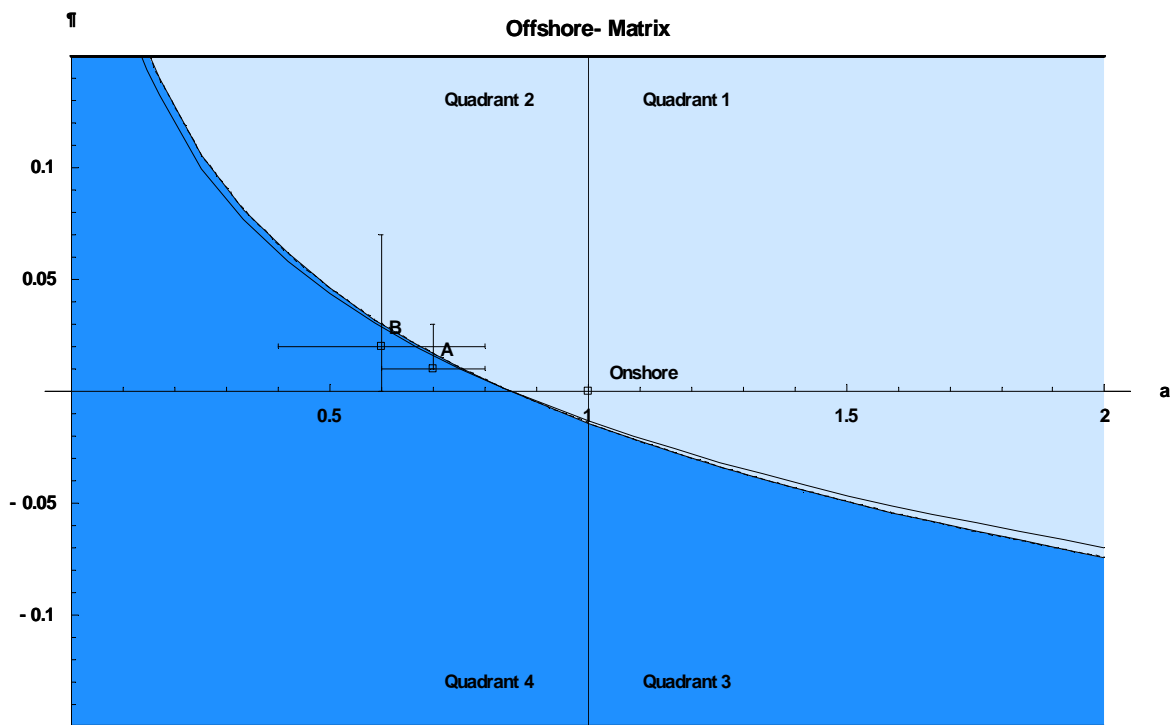
Um den Erwartungswert von  $\tilde{R}$  zu bestimmen, ist es hinreichend, die Erwartungswerte für  $\tilde{\alpha}$  und  $\tilde{\varepsilon}$  separat zu bestimmen. Hierzu eignet sich eine Szenarioanalyse, bei der die Schätzung eines optimistischen und pessimistischen Szenarios mit zugehörigen Wahrscheinlichkeiten erfolgt:

**1. Definition zweier Szenarien:** Für die Zufallsvariablen  $\tilde{\alpha}$  und  $\tilde{\varepsilon}$  werden jeweils Intervalle  $((\alpha_{\min}, \alpha_{\max})$  bzw.  $(\varepsilon_{\min}, \varepsilon_{\max})$ ) zwischen einer oberen (pessimistischen) und unteren (optimistischen) Schranke festgelegt. Weiter müssen die (kumulierten) Wahrscheinlichkeiten  $(p_{\min}^{\alpha}, p_{\max}^{\alpha})$  bzw.  $(p_{\min}^{\varepsilon}, p_{\max}^{\varepsilon})$  bis zu den Intervallgrenzen abgeschätzt werden. D. h. die Wahrscheinlichkeit, dass die Realisierungen von  $\tilde{\alpha}$  bzw.  $\tilde{\varepsilon}$  innerhalb des Intervalls liegt, entspricht der Differenz  $p_{\max}^{\alpha} - p_{\min}^{\alpha}$  bzw.  $p_{\max}^{\varepsilon} - p_{\min}^{\varepsilon}$ .

**2. Berechnung der Lageparameter:** Mit Hilfe der entsprechenden Quantile der Standardnormalverteilung  $(q_{\min}, q_{\max})$  lassen sich die Lageparameter der Zufallsvariablen  $\tilde{\alpha}$  und  $\tilde{\varepsilon}$  bzw.  $\tilde{S}$  leicht bestimmen (s. Anhang II).

**3. Bestimmung der erwarteten relativen Einsparungen:** Sind die Verteilungsparameter der beiden Zufallsvariablen  $\tilde{\alpha}$  und  $\tilde{S}$  bekannt, lassen sich die zugehörigen Erwartungswerte ermitteln und damit auch das Produkt, aus welchem sich die erwarteten relativen Einsparungen  $E(\tilde{R})$  errechnen lassen.

Die Operationalisierbarkeit der Vorgehensweise und die Auswirkungen der Unsicherheit auf die Offshoring-Entscheidung werden erneut am Beispiel der Fallstudie veranschaulicht.



**Bild 2** Ausprägungen der relativen Einsparungen (Bewertungsweise 2 und 3)

### Beispiel (Bewertungsweise 3):

Im Gegensatz zum vorherigen Beispiel sind nun nicht Schätzer direkt für die Erwartungswerte von  $E(\tilde{\alpha})$  und  $E(\tilde{\varepsilon})$  zu ermitteln, sondern obere und untere Schranken und zugehörige Wahrscheinlichkeiten zu bestimmen. Die mittlere Projektgröße wird mit  $Size = 150.000 LOC$  festgelegt.

#### Anbieter A

**1. Schritt:** In Zusammenarbeit mit dem Dienstleister A wurden in der Vergangenheit bereits einige Projekte durchgeführt, sodass sich die Projektverantwortlichen für Anbieter A genauere Schätzungen (als für den IT-Dienstleister B) zutrauen: Ausgehend von einem sehr *optimistischen Szenario*, bei dem der Anbieter in den Aufwandsmultiplikatoren und Skalenfaktoren wesentlich besser wäre als der ersten Schätzung zufolge, werden für  $\tilde{\alpha}_A$  und  $\tilde{\varepsilon}_A$  die unteren Schranken bei  $\alpha_{\min} = 0,6$  und  $\varepsilon_{\min} = 0$  festgelegt. Die Wahrscheinlichkeit, dass Anbieter A diese optimistischen Schranken nach unten durchbricht – also besser ist – wird bei lediglich 5% gesehen. Die

Schranken für die pessimistischen Szenarien, welche ebenfalls nur in 5% aller Fälle überschritten werden sollen, wählen sie bei  $\alpha_{\max} = 0,8$  bzw.  $\varepsilon_{\min} = 0,02$ . Damit liegen (der Schätzung zu Folge) 90% der Realisierungen innerhalb der gewählten Schranken.

**2. Schritt:** Über die zugehörigen 95%-Quantile der Standardnormalverteilung ( $q_{\min}^{5\%} = -1,65, q_{\max}^{95\%} = +1,65$ ) lassen sich die Lageparameter der Zufallsvariablen  $\tilde{\alpha} \sim LN(-0,37;0,09)$  bzw.  $\tilde{S} \sim LN(0,12;0,07)$  bestimmen.

**3. Schritt:** Aus den zugehörigen Erwartungswerten  $E(\tilde{\alpha}) = 0,69$  und  $E(\tilde{S}) = 1,13$  ergibt sich der Erwartungswert der relativen Einsparungen  $E(\tilde{R}) = 0,2$ . Dieser Wert deutet darauf hin, dass Einsparungen in Höhe von 20% mit der Verlagerung der Inkremententwicklung an Anbieter A zu erwarten sind. Das Ergebnis reagiert (wie erwartet) nicht sehr sensitiv auf Veränderungen der Projektgröße. Legt man nach wie vor das Intervall  $[100000;200000]$  für die Projektgröße zugrunde, schwanken die erwarteten relativen Einsparungen  $E(\tilde{R})$  um  $\pm 2$  Prozentpunkte. Eine Schwankung in dieser Größenordnung kann problemlos vernachlässigt werden.

## Anbieter B

**1. Schritt:** Zu Anbieter B existiert (im Gegensatz zu Anbieter A) – abgesehen von kleinen Teilprojekten – so gut wie keine gemeinsame Projekthistorie, sodass die mit der Schätzung verbundene Unsicherheit von der Projektleitung als vergleichsweise hoch eingestuft wird. Da bei diesem Anbieter B der Vorteil im Faktor  $\alpha_B$  vor allem in niedrigen Lohnkosten begründet liegt, während die COCOMO-Aufwandsmultiplikatoren als grundsätzlich schlechter eingestuft werden, wird die untere, optimistische 5%-Schranke auf  $\alpha_{\min} = 0,4$  gesetzt. Das bedeutet im Vergleich mit dem eigenen Standort, dass Anbieter B im Produkt der Aufwandsmultiplikatoren (ohne Lohnkosten) mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% um mindestens Faktor 3,3 schlechter eingeschätzt wird. Anders ausgedrückt hält man es für sehr wahrscheinlich, dass Anbieter B im Durchschnitt in den neun genannten Attributen (vgl. Tabelle 1) jeweils um den Faktor  $\sqrt[2]{3,3} = 1,14$  schlechter als der eigene Standort bewertet wird. Dies entspricht ungefähr einer durchschnittlichen Mindestabweichung von einer Bewertungsstufe in jedem Attribut (z. B. „gut“ statt „sehr gut“). Abweichungen nach



oben werden aufgrund der unsicheren Einschätzungen für sehr realistisch erachtet, sodass die 95% Schranke relativ hoch bei  $\alpha_{\max} = 0,8$  festgelegt wird.

Die optimistische und pessimistische Schranke hinsichtlich des Unterschieds in den Skalenfaktoren, innerhalb derer die Realisierung mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% liegen, werden von den Projektverantwortlichen auf  $\varepsilon_{\min} = 0,01$  und  $\varepsilon_{\max} = 0,07$  festgelegt.

**2. Schritt:** Berechnung analog wie bei Anbieter A.

**3. Schritt:** Insgesamt ergibt sich hieraus für Anbieter B ein Erwartungswert für  $\tilde{R}$  von  $E(\tilde{R}) = 0,03$ , d. h. ohne Berücksichtigung evtl. anfallender Zusatzkosten sind bestenfalls noch marginale Einsparungen zu erwarten. Aufgrund des Werts für  $E(\tilde{R})$  nahe Null sind die prozentualen Abweichungen bei Veränderungen der Projektgröße zwar hoch (bspw. 200%, da  $E(\tilde{R}|100.000 LOC) = 0,06$ ), die absoluten Abweichungen hingegen sind nach wie vor vernachlässigbar.

### Vergleich A und B

Interessant ist natürlich auch die Frage, welche 95%-Quantile sich letztlich für  $\tilde{R}$  ergeben: Für Anbieter A liegen der Schätzung zufolge 90% aller Realisierungen von  $\tilde{R}^A$  im Intervall  $[R_{\min}, R_{\max}] = [-0,01; 0,4]$  und nur mit einer Wahrscheinlichkeit von  $P(\tilde{R}^A < 0) = 6\%$  ist damit zu rechnen, dass keine Einsparungen erzielt werden.

Anders zeigt sich die Situation bei Anbieter B. Infolge der hohen Unsicherheit der Parameterausprägungen für Anbieter B liegen die entsprechenden Intervallgrenzen bei  $[R_{\min}, R_{\max}] = [-0,76; 0,54]$  und nur mit einer Wahrscheinlichkeit von ca.  $P(\tilde{R}^B > 0) = 40\%$  sind geringe Einsparungen zu erwarten (s. Fehlerbalken in Bild 2).

Wie Tabelle 2 zeigt, welche die Ergebnisse der einzelnen beispielhaften Entscheidungssituationen zusammenfasst, schlägt die zu Beginn vermutete Vorteilhaftigkeit des Anbieter B gegenüber Anbieter A unter Berücksichtigung weiterer Parameter und der mit der Schätzung verbundenen Unsicherheit in einen Nachteil um. Von den anfänglich erwarteten relativen Einsparungen in Höhe von 60% bleiben nach Prüfung weiterer Parameter und unter Berücksichtigung der Risiken nur noch wenige Prozentpunkte übrig.

Zwar sind auch für Anbieter A deutliche Korrekturen in den erwarteten Einsparungen vorzunehmen. Die insgesamt besseren COCOMO-Parameter führen allerdings dazu, dass sich die Lohnkostenvorteile nach wie vor positiv auswirken. Die vergleichsweise geringe Unsicherheit verschlechtert den Erwartungswert der relativen Einsparungen nur unwesentlich.

Bisher wurde ein risikoneutraler Entscheider unterstellt. Unterstellt man hingegen einen *risikoaversen Entscheider*, besteht darüber hinaus noch das Risiko, geringere Einsparungen als erwartet zu erzielen, bspw. über einen entsprechenden Risikoabschlag auf den Erwartungswert  $E(\tilde{R})$  zu berücksichtigen. Dies würde die Vorteilhaftigkeit des Anbieters A gegenüber dem eigenen Standort zusätzlich reduzieren.

#### **4 Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick**

Die vielfach beschriebenen negativen Erfahrungen mit Offshoring-Projekten, bei welchen sich die prognostizierten Einsparungen im Nachhinein nicht realisiert haben, sind vor dem Hintergrund der vorgestellten Überlegungen wenig überraschend. Es wurde deutlich, dass die Konzentration auf die reinen Lohnkostenunterschiede und die gleichzeitige Vernachlässigung weiterer Einflussparameter Fehlentscheidungen provozieren kann (vgl. Tabelle 2).

Auf Basis des weit verbreiteten und etablierten COCOMO wurde aufgezeigt, wie die Modellparameter  $\alpha$ ,  $\varepsilon$  und *Size* die relativen Einsparungen beeinflussen. Bemerkenswert ist hierbei die Tatsache, dass die Projektgröße *Size* – obwohl sie ein wesentlicher Aufwandstreiber ist – die Vorteilhaftigkeit der Offshoring-Entscheidung nur unwesentlich beeinflusst. Damit entfällt für die Frage des Offshorings die Notwendigkeit, in frühen Projektphasen eine aufwändige und wenig aussagekräftige Approximation der Projektgröße durchzuführen. Es ist hinreichend, das Projekt einer groben Größenklasse zuzuordnen.

**Tabelle 2** Überblick Entscheidungssituationen

	Anbieter A	Anbieter B
<b>1. Fall:</b> Berücksichtigung der Faktorkostenunterschiede	$\alpha = 0,52$ $\varepsilon = -$ $R = 0,5$	$\alpha = 0,6$ $\varepsilon = -$ $R = 0,6$
↳ <b>Wähle Anbieter B</b>		
<b>2 Fall:</b> zusätzlich Berücksichtigung von Abweichungen in den Aufwandsmultiplikatoren und Skalenfaktoren (Werte für eine erwartete Projektgröße von 150.000 LOC)	$\alpha = 0,7$ $\varepsilon = 0,01$ $R = 0,21$	$\alpha = 0,6$ $\varepsilon = 0,02$ $R = 0,24$
↳ <b>Wähle Anbieter A oder B</b>		
<b>3 Fall:</b> zusätzlich Berücksichtigung der mit der Schätzung verbundenen Unsicherheit (Werte für eine erwartete Projektgröße von 150.000 LOC)	$E(\tilde{\alpha}) = 0,69$ $[\alpha_{\min}; \alpha_{\max}] = [0,6; 0,8]$  $E(\tilde{\varepsilon}) = 0,01$ $[\varepsilon_{\min}; \varepsilon_{\max}] = [0; 0,02]$  $E(\tilde{R}) = 0,21$ $[R_{\min}; R_{\max}] = [0,01; 0,4]$  $P(R > 0) = 94\%$	$E(\tilde{\alpha}) = 0,58$ $[\alpha_{\min}; \alpha_{\max}] = [0,4; 0,8]$  $E(\tilde{\varepsilon}) = 0,01$ $[\varepsilon_{\min}; \varepsilon_{\max}] = [0,01; 0,07]$  $E(\tilde{R}) = 0,03$ $[R_{\min}; R_{\max}] = [-0,76; 0,54]$  $P(R > 0) = 39\%$
↳ <b>Wähle Anbieter A</b>		

Die Bestimmung der Modellparameter  $\alpha$  und  $\varepsilon$  hingegen ist ein zentrales Element, um Offshoring-Entscheidungen zu bewerten. Dabei können die zahlreichen Beschreibungen, wie die COCOMO-Parameter zu schätzen sind, hilfreich sein [z. B. Boeh00]. Die Bestimmung der Modellparameter erfolgt im Vergleich mit dem eigenen Standort. Da die Einschätzung darüber, ob ein anderes Unternehmen bessere oder schlechtere Attributausprägungen aufweist, wesentlich leichter sein dürfte als die Bestimmung der absoluten Attributausprägung, wird damit die Bestimmung der Parameter  $\alpha$  und  $\varepsilon$  zudem deutlich erleichtert.

Dass neben der reinen Aufwandsbetrachtung auch die Berücksichtigung der mit der Auslagerung von Softwareentwicklungsprojekten verbundenen Risiken notwendig

und sinnvoll ist, ist unbestritten. Allerdings findet sich in der Literatur kaum eine Vorgehensweise, die eine Quantifizierung der Risiken erlaubt. Hier kann das Modell helfen, ein Teil der Offshoringrisiken zu erklären und zu quantifizieren.

Bei der Berücksichtigung von Unsicherheit wurde deutlich, dass eine zu Beginn vermutete deutliche Vorteilhaftigkeit (Anbieter B) unter Berücksichtigung der mit der Parameterschätzung verbundenen Unsicherheit schnell zum Glücksspiel werden kann. Ursache hierfür ist, dass sich aufgrund der begründeten Verteilungsannahmen eine erhöhte Unsicherheit zwangsläufig negativ auf die erwarteten Einsparungen auswirkt.

Das oben skizzierte Verfahren zur Entscheidungsunterstützung adressiert die Kostenseite. Letztlich sind mit einem Softwareprojekt weitere zentrale Entscheidungsgrößen verbunden, die ggf. in die Bewertung einzubeziehen sind (bspw. Qualität, Funktionalität oder Entwicklungsdauer [vgl. Snee87]). Es wäre deshalb zu prüfen, wie sich diese Aspekte berücksichtigen lassen. Da sich die Entwicklungsdauer ebenfalls über ein COCOMO-Teilmodell bestimmen lässt, erscheint eine dahingehende Modellerweiterung möglich. Ebenso existieren zur Qualitätsbestimmung zahlreiche Metriken. Bspw. stellt [Devn04] mit COQUALMO (*Constructive Quality Model*) ein COCOMO-Derivat vor, welches im Wesentlichen auf den gleichen Modellparametern wie COCOMO beruht, was auch eine Erweiterung in diese Richtung erlaubt. Allerdings ist anzumerken, dass eine empirische Validierung vom COQUALMO – im Gegensatz zum COCOMO – noch nicht stattgefunden hat.

Ein weiterer Kritikpunkt ergibt sich aus der Betrachtungsweise eines Projekts. Ausgangspunkt waren der Projektgesamtaufwand und die Aufwände für einzelne Inkremente. Allerdings wurde nicht thematisiert, wie sich die Aufwände auf die einzelnen Projektphasen und Workflows (bspw. Analyse, Design, Implementierung oder Test) verteilen. Legt man ein gängiges Prozessmodell zur Softwareentwicklung wie z. B. den *Rational Unified Process* zugrunde, liegt die Vermutung nahe, dass sich einige Workflows (z. B. Implementierung oder Testing) besser als andere (z. B. Business Modelling oder Requirements Engineering) für das Offshoring eignen. Diesen Trend haben einzelne Anbieter bereits erkannt und bieten bspw. in so genannte Testfactories ausschließlich Dienstleistungen zur Qualitäts- und Funktionsüberprüfung an (bspw. das Jointventure „TÜViT/Disha-Test Factory“ der deutschen TÜV iT GmbH und dem indischen Unternehmen Disha Technologies). Eine genauere Betrachtung dieses Sachverhalts könnte daher eine sinnvolle Erweiterung darstellen. Das vorge-

stellte Verfahren bildet eine geeignete Basis, die sich im Hinblick auf die oben genannten Fragestellungen weiter ausbauen lässt.

## Literaturverzeichnis:

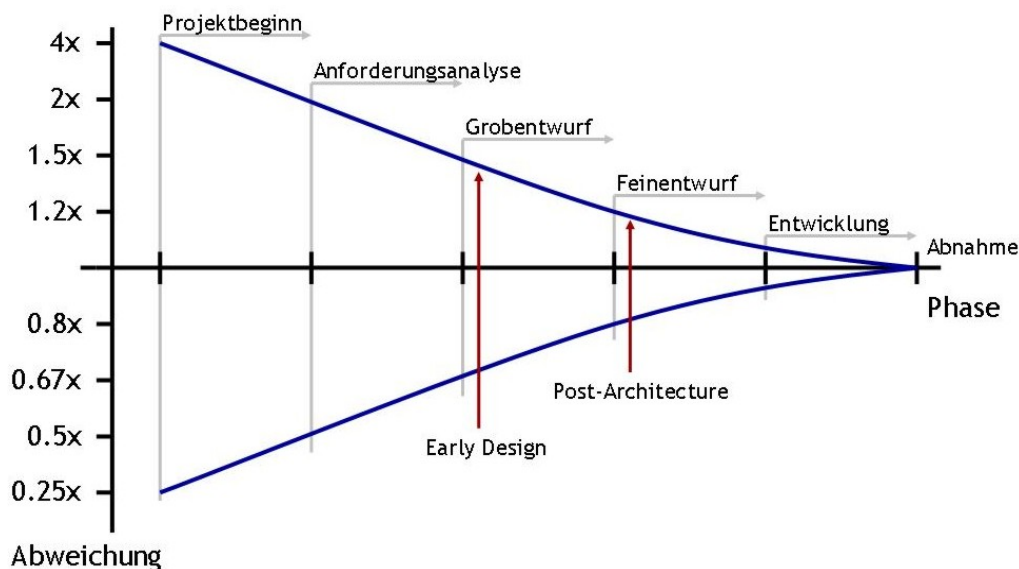
- [ATKe04] *A.T. Kearney* (Hrsg.): Making Offshore Decision. A.T. Kearney's 2004 Offshore Location Attractiveness Index (2004);  
[http://www.atkearney.com/shared\\_res/pdf/Making\\_Offshore\\_S.pdf](http://www.atkearney.com/shared_res/pdf/Making_Offshore_S.pdf), Abruf am 28.09.2004.
- [BaCK94] *Banker, Rajiv D.; Chang, Hsihui; Kemerer, Chris F.*: Evidence on Economies of Scale in Software-Development. In: Information and Software Technology 36 (1994) 5; S. 2.
- [BaJK95] *Bächle, Michael; Jahnke, Bernd; Kindler, Achim*: Aufwandsschätzung und Produktivität in der Softwareentwicklung. Arbeitsberichte der Wirtschaftsinformatik Nr. 12, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Universität Tübingen, 1995.
- [BeDR03] *Benediktsson, Oddur; Dalcher, Darren; Reed, Karl*: COCOMO-Based Effort Estimation for Iterative and Incremental Software Development. In: Software Quality Journal 11 (2003), S. 265–281.
- [Boeh81] *Boehm, Barry W.*: Software Engineering Economics. Prentice-Hall, New Jersey 1981.
- [Boeh00] *Boehm, Barry W. et al.*: Software Cost Estimation with COCOMO II. Upper Saddle River (NJ) 2000.
- [Bröc97] *Bröckers, Alfred*: Modellbasierte Analyse von Software-Projektrisiken. Shaker Verlag, Aachen 1997.
- [Conr02] *Conrow, Edmund H.*: Achieving Effective Risk Management by Overcoming Some Common Pitfalls. In: Cutter IT Journal 15 (2002) 2, S. 16-22.
- [CoDS87] *Conte, Samuel D.; Dunsmore, Hubert E.; Shen, Vincent Y.*: Software Engineering Metrics and Models, Benjamin/Cummings, Menlo Park, CA, 1986.

- [DeMa82] *DeMarco, Tom*: Controlling Software Projects. Yourdon Press, New York 1982.
- [Devn04] *Devnani-Chulani, Sunita*: Bayesian Analysis of Software Cost and Quality Models. Ph. D. Dissertation; University of Southern California; <http://sunset.usc.edu/TechRpts/Dissertations/Schulani.pdf>, Abruf am 19.09.2004.
- [Gaul04] *Gaulke, Markus*: Risikomanagement in IT-Projekten, München 2004.
- [IEEE90] *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Hrsg.): IEEE Std.610.12-1990: IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway 1990.
- [Jenn01] *Jenny, Bruno*: Projektmanagement in der Wirtschaftsinformatik. Zürich 2001.
- [Keme87] *Kemerer, Chris F.*: An Empirical Validation of Software Cost Estimation Models. In: Communications of the ACM 30 (1987) 5, S. 461-429.
- [KPMG94] *KPMG Management Consulting* (Hrsg.): Report on IT Runaway Systems. SecuMedia Verlags-GmbH, Ingelheim 1994.
- [Krcm05] *Krcmar, Helmut*: Informationsmanagement. Berlin 2005.
- [Kruc99] *Kruchten, Philippe*: Der Rational Unified Process. Eine Einführung. München u. a. 1999.
- [MiMo85] *Miyazaki Yukio, Mori Kuniaki*: COCOMO evaluation and tailoring, Eighth Int. Conf. Software Engineering, 1985, S. 292-299.
- [Nels66] *Nelson, Edward A.*: Management Handbook for the Estimation of Computer Programming Costs. NTIS (formerly Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information), Springfield 1966.
- [Scha04] *Schaaf, Jürgen*: Offshoring: Globlisierungswelle erfasst, Deutsche Bank Research Economics 45 (2004); [http://www.dbresearch.de/PROD/DBR\\_INTERNET\\_DE-PROD/PROD0000000000178654.pdf](http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD0000000000178654.pdf), Abruf am 28.09.2005.

- [Scha05] *Schaaf, Jürgen*: Outsourcing nach Indien: der Tiger auf dem Sprung, Deutsche Bank Research Economics; [http://www.dbresearch.de/PROD/DBR\\_INTERNET\\_DE-PROD/PROD0000000000191727.pdf](http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD0000000000191727.pdf), Abruf am 11.12.2005.
- [ScWe05] *Schaaf, Jürgen; Weber, Mathias*: Offshoring-Report 2005 – Ready for Take-Off, Deutsche Bank Research Economics; [http://www.dbresearch.de/PROD/DBR\\_INTERNET\\_DE-PROD/PROD0000000000188986.pdf](http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD0000000000188986.pdf), Abruf am 10.10.2005.
- [Seib05] *Seibert, Siegfried; Boehm, Barry W.*: „Wir wollten ein Schätztool, das die Kunden-Lieferanten-Zusammenarbeit unterstützt“. In *Projektmanagement* 1(2005), S. 9-13.
- [Snee87] *Sneed, Harry M.*: *Software-Management*. Köln 1987.
- [SoMS05] *Software Measurement Services Ltd.* (Hrsg.): Small project, medium-size project and large project: what do these terms mean? <http://www.measuresw.com/library/Papers/Rule/RulesRelativeSizeScale%20v1b.pdf>, Abruf am 11.03.2006.
- [Stan04] *The Standish-Group* (Hrsg.): 2004 Third Quarter Report. [http://www.standishgroup.com/sample\\_research/PDFpages/q3-spotlight.pdf](http://www.standishgroup.com/sample_research/PDFpages/q3-spotlight.pdf), Abruf am: 27.12.2005.
- [Thal03] *Thaller, Georg E.*: *Software-Projektmanagement*. Frankfurt 2003.

## Anhang I: Unsicherheit in der Projektgröße

Die ermittelte Projektgröße bildet im COCOMO die Grundlage zur Berechnung des Projektaufwands. Die folgende Abbildung zeigt (in Abhängigkeit der Projektphase) die in der Größenschätzung liegende Unsicherheit [vgl. Boeh00]. Die große Unsicherheit zu Beginn verringert sich innerhalb der ersten Projektphasen überproportional stark, so dass zum Zeitpunkt des *Early-Design-Modell* die Abweichung i. d. R. nicht mehr als ein Faktor 1,5 nach oben bzw. 0,67 nach unten beträgt. Beim *Post-Architecture-Modell* sind diese Werte etwas geringer und liegen bei etwa 1,2 bzw. 0,8. Dieser Abweichungsfaktor wird im Folgenden als  $\beta \in \mathbb{R}^+$  bezeichnet.



**Bild 3** Phasenabhängige Unsicherheit in der Projektgröße

Die Abweichung in der Projektgröße lässt sich ebenso als eine Änderung im Linearfaktor  $\alpha$  interpretieren:  $1 - \alpha \cdot (\beta \cdot Size)^\varepsilon = 1 - (\beta^\varepsilon \cdot \alpha) \cdot Size^\varepsilon = 1 - (\alpha') \cdot Size^\varepsilon$ .

Aus den empirisch ermittelten Wertebereichen für  $\beta \in [0,67;1.5]$  im *Early-Design Modell* und den zulässigen Wertebereichen für  $\varepsilon$  und  $\alpha$  ergibt sich selbst bei maximal schlechter Schätzung der Projektgröße und extrem ungünstigen (und unwahrscheinlichen) Parameterkonstellationen eine theoretische Abweichung von rund 8% im Linearfaktor. Damit haben übliche Fehleinschätzungen der Projektgröße im Endeffekt nur unwesentlichen Einfluss auf die mit einer Offshoring-Entscheidung verbundenen Einsparungen. Ohne Fehlentscheidungen zu provozieren, kann deshalb für die Projektgröße nach wie vor ein realistischer, mittlerer und diskreter Wert angenommen werden.



## Anhang II: Berechnung der Lageparameter

Die (kumulierten) Wahrscheinlichkeiten  $(p_{\min}^{\alpha}, p_{\max}^{\alpha})$  bzw.  $(p_{\min}^{\varepsilon}, p_{\max}^{\varepsilon})$  an den gewählten Intervallgrenzen  $(\alpha_{\min}, \alpha_{\max})$  bzw.  $(\varepsilon_{\min}, \varepsilon_{\max})$  entsprechen den Funktionswerten der jeweiligen Verteilungsfunktion  $F_{\alpha}$  bzw.  $F_{\varepsilon}$ . Als p-Quantil wird diejenige reelle Zahl bezeichnet, an der die Verteilungsfunktion den Wert von p annimmt. Dabei besteht ein direkter Zusammenhang zwischen dem Quantil  $(s_p)$  einer  $N(\mu; \sigma)$ -Normalverteilung und dem entsprechendem Quantil  $(l_p)$  der Log-Normalverteilung:

$$\ln(l_p) = u + s_p \sigma$$

Durch Einsetzen der aus  $(p_{\min}^{\alpha}, p_{\max}^{\alpha})$  ermittelten Quantile  $(q_{\min}^{\alpha}, q_{\max}^{\alpha})$  der Standardnormalverteilung und den Intervallgrenzen  $(\alpha_{\min}, \alpha_{\max})$  lassen sich die Lageparameter  $\mu_{\alpha}$  und  $\sigma_{\alpha}$  der log-normal verteilten Zufallsvariable  $\tilde{\alpha}$  über folgende Gleichungen leicht bestimmen:

$$\mu_{\alpha} + q_{\min}^{\alpha} \sigma_{\alpha} = \ln(\alpha_{\min}) \quad \text{und} \quad \mu_{\alpha} + q_{\max}^{\alpha} \sigma_{\alpha} = \ln(\alpha_{\max})$$

Für die ermittelten Quantile  $(q_{\min}^{\varepsilon}, q_{\max}^{\varepsilon})$  und Intervallgrenzen  $(\varepsilon_{\min}, \varepsilon_{\max})$  der normal verteilten Zufallsvariable  $\tilde{\varepsilon}$  gilt hingegen:

$$\varepsilon_{\min} - \mu_{\varepsilon} = q_{\min}^{\varepsilon} \cdot \sigma_{\varepsilon} \quad \text{und} \quad \varepsilon_{\max} - \mu_{\varepsilon} = q_{\max}^{\varepsilon} \cdot \sigma_{\varepsilon}.$$

Da für die Projektgröße  $Size = const$  gelten kann (s. Anhang I), lassen sich durch die Umformung  $Size^{\tilde{\varepsilon}} = e^{\varepsilon \cdot \ln(Size)}$  die Lageparameter  $\mu_S$  und  $\sigma_S$  der log-normal verteilten Zufallsgröße  $\tilde{S}$ , aus  $\mu_{\varepsilon}$  und  $\sigma_{\varepsilon}$  wie folgt bestimmen:

$$\mu_S = \mu_{\varepsilon} \cdot \ln(Size) \quad \text{und} \quad \sigma_S = \sigma_{\varepsilon} \cdot \ln(Size).$$