



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

UNIA
Universität
Augsburg
University

Diskussionspapier WI-55

**Wertorientierte Entscheidungsunterstützung
- Vorschlag einer Referenz-
Bewertungsfunktion zur IS-gestützten
Rendite-/Risikosteuerung in
Industrieunternehmen**

von

Bernd Reitwiesner, Andreas Huther

April 1999

Beitrag für: WKWI-Herbsttagung, Siegen, Oktober 2000.
Limited, Cork, 1997, S.1-13

**Wertorientierte Entscheidungsunterstützung
Vorschlag einer Referenz-Bewertungsfunktion zur IS-gestützten
Rendite-/Risikosteuerung in Industrieunternehmen**

von

Dipl.-Wirtsch.Inf. Bernd Reitwiesner

Dipl.-Kfm. Andreas Huther

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Wirtschaftsinformatik

Universitätsstr. 16

86135 Augsburg

Tel.: 0821/598-{4111, 4112}

e-mail: {bernd.reitwiesner, andreas.huther}@wiso.uni-augsburg.de

Wertorientierte Entscheidungsunterstützung Vorschlag einer Referenz-Bewertungsfunktion zur IS-gestützten Rendite-/Risikosteuerung in Industrieunternehmen

Abstract

Für die Umsetzung des Shareholder Value-Prinzips im Rahmen einer wertorientierten Unternehmensführung auf Basis von Entscheidungsunterstützungssystemen werden geeignete Methoden und Konzepte benötigt, welche nicht nur die mit einer Investition erzielbare Rendite, sondern auch das damit verbundene Risiko explizit miteinbeziehen. Die explizite Berücksichtigung von Risiko bei unternehmerischen Entscheidungen wird auch durch das *Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich* (KonTraG) verlangt. Um diesen beiden Anforderungen gerecht werden zu können, müssen entsprechende Bewertungsmethoden eine konsistente und transparente Rendite-/Risikosteuerung der Geschäftstätigkeit der Unternehmung durchgängig über alle Hierarchieebenen hinweg ermöglichen. In diesem Beitrag werden Bewertungsmethoden für Investitionen vorgestellt und diskutiert, die eine solche durchgängige Rendite-/Risikosteuerung der Unternehmensaktivitäten auf allen Entscheidungsebenen mit dem Ziel der Steigerung des Shareholder Value ermöglichen und die im Sinne einer Referenz-Methodik als Basis für die Entwicklung wertorientierter Risikomanagement- und Entscheidungsunterstützungssysteme dienen können.

Keywords

Wertorientierte Entscheidungsunterstützung, Shareholder Value, KonTraG, Rendite-/Risikosteuerung, Wertadditive Referenz-Bewertungsmethode, best business practices

1 Einführung

Die Internationalisierung der Kapitalmärkte und die damit verbundene Intensivierung der Konkurrenz um Beteiligungskapital zwingt vor allem die kapitalmarktorientierten Unternehmen, den Anforderungen ihrer Kapitalgeber durch eine an der Steigerung des Unternehmenswertes (Shareholder Value) ausgerichtete Geschäftspolitik gerecht zu werden. Dabei kommt besonders den Investitionen eine herausragende Bedeutung zu, da sie die Ausschöpfung der Erfolgspotentiale der Unternehmung ermöglichen und damit die Voraussetzung für zukünftige Einzahlungsüberschüsse und Wertsteigerung schaffen. Für diese Umsetzung des Shareholder Value-Prinzips werden geeignete Methoden und Konzepte benötigt, welche nicht nur die mit einer Investition erzielbare Rendite, sondern auch das damit verbundene Risiko explizit miteinbeziehen.

Ein praktischer Einsatz derartiger Instrumente ist jedoch nur auf Basis umfassender, integrierter Informationssysteme (IS) möglich,¹ die in der Lage sind, den für eine laufende Überwachung und Steuerung der Geschäftstätigkeit auf rendite- und riskoorientierter Basis notwendigen umfangreichen Dateninput zu bewältigen. Die hierfür notwendigen technischen Voraussetzungen sind dabei zunehmend gegeben. Auch sind mit der Data Warehouse- und OLAP-Technologie bereits geeignete Architekturkonzepte und Softwarewerkzeuge für die Realisierung derartiger analytischer Informationssysteme vorhanden. Dabei besitzen Unternehmen, die bereits ein gut funktionierendes Informationssystem zur Profitabilitätsanalyse implementiert haben, einen eindeutigen Wettbewerbsvorsprung bei der Realisierung rendi-

¹ Vgl. [Lam95, S. 152 ff].

te-/risikoorientierter Steuerungssysteme.² Da die technischen Voraussetzungen für eine umfassende Rendite-/Risikosteuerung in der Industrieunternehmung also in zunehmendem Maße gegeben sind, werden die Herausforderungen in der Zukunft auf diesem Gebiet eher in der Entwicklung fundierter Fachkonzepte liegen.

So geben nach einer von Coopers & Lybrand auf internationaler Ebene durchgeführten empirischen Studie³ 90 % der befragten deutschen Unternehmen an, sowohl strategische als auch routinemäßige Entscheidungen auf der Basis von Shareholder Value-Methoden zu fällen. Allerdings wenden nur 34 % der befragten deutschen und 40 % der insgesamt befragten Unternehmen die Shareholder Value-Konzeption konsequent auf allen Entscheidungsebenen an. Die in der Studie festgestellte, eher geringe durchgängige Verbreitung dieser Methoden wird darauf zurückgeführt, daß es „vielen Unternehmen an der vollständigen Umsetzung eines umfassenden Konzeptes, das die wertorientierte Unternehmensführung auf allen Ebenen erlaubt“⁴, noch mangle. Dabei bereitet den Unternehmen nach wie vor die Berücksichtigung der Risikokomponente besondere Schwierigkeiten.

Die durchgängige Anwendung von Shareholder Value-basierten Methoden über alle Entscheidungsebenen hinweg wird auch in einschlägigen Publikationen zur Konzeption von wertorientierten Entscheidungsunterstützungssystemen immer wieder gefordert.⁵ Oft werden jedoch nur für aggregierte Bewertungsobjekte, wie z.B. die Gesamtunternehmung oder einzelne Profit-Center, originär Cash Flow-basierte Shareholder Value-Kennzahlen ausgewiesen. Für kleinere Bewertungseinheiten wird zumeist dazu übergegangen, ihren Beitrag zum Shareholder Value auf Basis von nicht mittels monetären Größen definierten Werttreiberbäumen zu erfassen.⁶ Diese Forderung nach der Aggregierbarkeit und Zerlegbarkeit von Steuerungsgrößen der wertorientierten Unternehmensführung stellt besondere Anforderungen an die eingesetzten Bewertungsmethoden vor allem im Hinblick auf die Berücksichtigung der Risikodimension und die mit der Aggregation von Risiken verbundene Notwendigkeit der korrekten Berücksichtigung von Risikoverbundeffekten.

Die Forderung wertorientierter Unternehmensführungsansätze zur expliziten Berücksichtigung von Risiko bei unternehmerischen Entscheidungen wird auch durch das *Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich* (KonTraG) forciert, welches nach Verabschiedung vom Bundesrat am 01.05.1998 in Kraft getreten ist. So wird durch den neuen Absatz 2 des § 91 AktG der Vorstand einer Aktiengesellschaft verpflichtet, „geeignete Maßnahmen zu treffen, insbesondere ein Überwachungssystem einzurichten, damit den Fortbestand der Gesellschaft gefährdende Entwicklungen früh erkannt werden.“ Diese, an sich nicht eindeutige Formulierung, hat der Gesetzgeber in seiner Begründung zu dieser Vorschrift insofern präzisiert, als er vom Vorstand explizit die Einrichtung eines Risikomanagementsystems und eines internen Überwachungssystems sowie deren Unterstützung durch wirksame Controlling- und Frühwarnsysteme verlangt.⁷ Ferner fordert das KonTraG durch die Erweiterung der HGB-Paragrafen 289 Abs. 1 und 315 Abs. 1, daß künftig im Rahmen der Lageberichter-

² Vgl. [GrKä94⁺, S. 620].

³ Vgl. [CoLy97, S. 9].

⁴ Vgl. [EnSc98, S 684].

⁵ Vgl. [Krae98, S. 95 u. S. 97], [Kage00, S. 119] und [Sinz00, S. 150].

⁶ Vgl. [Sinz00, S. 150].

⁷ Vgl. [BMJ97], [Lück98a, S. 8ff.], [Lück98b, S. 1925], [LiWa98, S. 859]. Durch das KonTraG entsteht primär bei den Industrieunternehmungen Handlungsbedarf, da für Finanzdienstleistungsunternehmungen aufgrund entsprechender Gesetze (z.B. Gesetz über das Kreditwesen) bereits geeignete Methoden des Risikomanagements entwickelt wurden. Die folgenden Ausführungen beziehen sich deshalb in erster Linie auf Investitionsprojekte von Industrieunternehmungen, obwohl sich die vorgestellten Methoden und Konzepte grundsätzlich auch im Finanzdienstleistungsbereich anwenden lassen.

stattung in einem sog. Risikobericht auch auf die Risiken der künftigen Entwicklung einzugehen ist.⁸

Auch die Aufgabe des Risikomanagements wird nicht alleine auf aggregierter Ebene, d.h. auf der Ebene der Gesamtunternehmung, bewältigbar sein. Vielmehr bedarf es für eine Erfüllung dieser Aufgabe einer Umsetzung in allen organisatorischen Gliederungseinheiten der Unternehmung, wobei abschließend die relevanten Einzelrisiken bottom-up unter Berücksichtigung von Verbundeffekten zu aussagekräftigen, aggregierten Maßgrößen zu verdichten sind.⁹

Um den Aufgaben einer wertorientierten Unternehmensführung einerseits und den Anforderungen des KonTraG andererseits gerecht werden zu können, werden geeignete Methoden und Konzepte benötigt, die eine konsistente und transparente Rendite-/Risikosteuerung der Geschäftstätigkeit der Unternehmung durchgängig über alle Hierarchieebenen hinweg ermöglichen. In diesem Beitrag sollen deshalb Bewertungsmethoden für Investitionen vorgestellt und diskutiert werden, mit denen eine durchgängige Rendite-/Risikosteuerung der Unternehmensaktivitäten auf allen Entscheidungsebenen mit dem Ziel der Steigerung des Shareholder Value ermöglicht und die im Sinne einer *best business practice* der wertorientierten Unternehmensführung als Referenz-Bewertungsmethoden für die Entwicklung wertorientierter Risikomanagement- und Entscheidungsunterstützungssysteme dienen können.¹⁰

Daraus ergibt sich die Anforderung, daß zum einen aus strategischen Entscheidungen resultierende Zielvorgaben auf operative Ebenen herunterbrechbar und zum anderen Wert- und Risikobeiträge von Einzelinvestitionen bottom-up zum Gesamtwert bzw. Gesamtrisiko der Unternehmung aggregierbar sein müssen.

Aus den bisherigen Überlegungen zur informationssystemgestützten wertorientierten Unternehmensführung einerseits und dem KonTraG andererseits läßt sich zusammenfassen, daß die entsprechenden Bewertungsmethoden und das darauf aufbauende Steuerungskonzept den folgenden beiden Zwecken dienen muß:

- (Z1) *Kontinuierliche Performanceüberwachung*: Als ein Beitrag zu dem nach KonTraG geforderten Risikobericht einerseits und für die Durchführung von Controllingaufgaben andererseits muß jederzeit die aktuelle Rendite-/Risikoposition existierender Projekte, Geschäftsbereiche sowie die der Gesamtunternehmung ermittelbar sein.¹¹
- (Z2) *Ex ante-Entscheidungsunterstützung*: Bezüglich der Realisierung geplanter Investitionsprojekte sollen Aussagen darüber getroffen werden können, ob und in welcher Höhe diese zu einem Wertzuwachs für die Gesamtunternehmung führen. Ebenso müssen auf Basis der Bewertungsfunktion Erkenntnisse über die durch den Erwerb oder den Verkauf von Geschäftsbereichen bzw. die durch Desinvestitionen induzierten *Veränderungen* der Rendite-/Risikoposition der Unternehmung abgeleitet werden können.

Daraus folgt, daß als Grundlage für dieses Gesamtkonzept eine geeignete Bewertungsfunktion benötigt wird, mit der Investitionsprojekte anhand der Kriterien

⁸ Vgl. [KüHü97, S. 251ff.].

⁹ Vgl. [KrLü98, S. 1575].

¹⁰ Zur Frage der Abbildung von *best business practices* in Referenzmodellen vgl. [Buhl97]. Zu Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten von Referenzmodellen im Rahmen der Softwareentwicklung vgl. z.B. [Mare95] oder [ScNZ95].

¹¹ Die Bedeutung dieser Aufgabe für die Implementierung von Entscheidungsunterstützungssystemen manifestiert sich beispielsweise darin, daß SAP bei der Konzeption von SAP SEM, der SAP-Lösung für die Unterstützung der Strategischen Unternehmensführung, eigens für diese Aufgabe der laufenden Performanceüberwachung eine Komponente, den Corporate Performance Monitor (CPM), implementiert hat (vgl. [Kage00, S. 119]).

- Beitrag zum erwarteten Barwert der Cash Flows der Unternehmung und
 - Beitrag zur Gesamtrisikoposition der Unternehmung
- bewertet werden können und welche für die o.g. Zwecke geeignet und anwendbar ist.

Dazu werden wir zunächst im folgenden Abschnitt die Ausgangslage in Form von Annahmen näher spezifizieren. Zudem werden die für eine Anwendung im Rahmen hierarchischer Steuerungssysteme notwendigen Eigenschaften der zu untersuchenden Bewertungsfunktionen präzisiert. Daran schließt sich in Abschnitt 3 eine Analyse von ausgewählten, in der Literatur verbreiteten Konzepten zur Investitionsbewertung bzw. zur Ermittlung eines risikoadjustierten Unternehmenswertes einschließlich der dabei verwendeten Risikomaße an, wobei diese Konzepte vor allem daraufhin untersucht werden, ob sie den geforderten Eigenschaften genügen und demnach für eine zu den oben genannten Zwecken konzipierte Rendite-/Risikosteuerung geeignet sein können. In Abschnitt 4 wird dann ein diese Kriterien erfüllender Ansatz zur Ermittlung eines risikoadjustierten Unternehmenswertes vorgestellt, der konsequent auf allen Entscheidungsebenen der Unternehmung anwendbar ist. Dieser Ansatz läßt sowohl die Bewertung eines aggregierten Investitionsprogramms unter Berücksichtigung von Verbundeffekten als auch eine Partialanalyse von Investitionsprojekten mit korrekter Berücksichtigung des Risikos zu.

2 Eigenschaften der Bewertungsmethoden und getroffene Annahmen

Um alternative, aus der Literatur bekannte Konzepte zur Investitionsbewertung auf eine Eignung als Bewertungsfunktion für die im vorangegangenen Abschnitt beschriebene integrierte Rendite-/Risikosteuerung beurteilen und ggf. zweckbezogen neue Konzepte entwickeln zu können, ist es notwendig, die Anforderungen an ein solches Steuerungskonzept eindeutig zu formulieren und die jeweiligen Konzepte so einer Überprüfbarkeit auf Kompatibilität mit den Anforderungen zugänglich zu machen. Zudem müssen für den Vergleich der alternativen Methoden Annahmen sowohl über die Investitionssituation als auch über den Informationsstand der Unternehmung getroffen werden. Um auf einer theoretischen Ebene allgemeingültige Aussagen treffen zu können, kann dabei auf Vereinfachungen gegenüber der Realität nicht verzichtet werden.

Für die Entwicklung der Bewertungsfunktion und die in diesem Beitrag vorgeschlagene Methodik der Rendite-/Risikosteuerung werden folgende Annahmen zugrundegelegt:

(A1) Die Unternehmung habe zum Zeitpunkt der Betrachtung ($t = 0$) N laufende Investitionsprojekte.

(A2) Für jedes Projekt i (mit $i \in [1, N]$) kann bei einer Projektlaufzeit von T_i Perioden (mit $T_i \in [1, T]$) ein Zahlungsstrom in der folgenden Form angegeben werden:

$$\text{Zahlungsstrom } Z^i \text{ des Projektes } i: \quad Z^i := (\tilde{z}_0^i, \tilde{z}_1^i, \tilde{z}_2^i, \dots, \tilde{z}_{T_i}^i)$$

Die einzelnen Komponenten eines Zahlungsstroms stellen dem Projekt zuordenbare Einzahlungsüberschüsse (Cash Flows) dar, die als unsicher, voneinander unabhängig und normalverteilt angenommen werden, d.h. sie stellen stochastisch unabhängige Zufallsvariablen dar.

(A3) Unter Risiko wird die Abweichung der Projekt-Cash Flows vom erwarteten Wert verstanden, d.h. die Auswirkungen von Risiken schlagen sich ausschließlich in der Zah-

lungsreihe der Projekte nieder, wobei dafür subjektive oder objektive Wahrscheinlichkeiten bekannt seien.¹²

- (A4) Die Unternehmung sei in der Lage, für alle Cash Flow-Komponenten die jeweiligen Lage- und Streuungsparameter sowie alle Projektinterdependenzen zu ermitteln, d.h. sie kann für alle Investitionsprojekte die Varianz-Kovarianz-Matrix der Projekt-Cash Flows aufstellen.

Bewertungsfunktion, die als fachliche Basis für die Implementierung wertorientierter Entscheidungsunterstützungssysteme zum Zwecke der Rendite-/Risiko-Steuerung dienen sollen, sollten folgende Eigenschaften aufweisen:

- (E1) Der Wert eines Projektes i (V_i) ist eine Funktion (v) des Zahlungsstroms (Z^i) und des Risikos (s_i) dieses Projektes:

$$V_i = v(Z^i, s_i) \quad (1)$$

s_i sei dabei ein geeignetes Risikomaß zur Charakterisierung des Projektrisikos.¹⁴

- (E2) Der Wert eines sicheren Projektes entspricht seinem Barwert. Dieser sei mit z_i bezeichnet.

$$V_i = v(Z^i, 0) = z_i \quad (2)$$

- (E3) Damit mit der Bewertungsfunktion sowohl Wert- als auch Risikobeiträge bottom-up (top-down) zu Gesamtwerten (Einzelwerten) aggregiert (zerlegt) werden können, besitzt sie die Eigenschaft der Wertadditivität:¹⁵

$$V_{i+j} = v(Z^{i+j}, s_{i+j}) = v(Z^i \oplus Z^j, s_i \circ s_j) = v(Z^i, s_i) + v(Z^j, s_j) = V_i + V_j \quad (3)$$

Die Verknüpfung zweier Zahlungsströme \oplus ist dabei definiert als komponentenweise Addition der Einzahlungsüberschüsse (Cash Flows) der einzelnen Zahlungsströme. Dies wird formal durch folgende Vorschrift ausgedrückt:

$$Z^i \oplus Z^j = Z^{i+j} := (\tilde{z}_0^{i+j}, \tilde{z}_1^{i+j}, \tilde{z}_2^{i+j}, \dots, \tilde{z}_p^{i+j}) \quad (4)$$

Die einzelnen Komponenten \tilde{z}_l^{i+j} errechnen sich dabei als:

$$\tilde{z}_l^{i+j} = \tilde{z}_l^i + \tilde{z}_l^j \quad \forall (l \in [0, m]), \text{ mit } m = \text{Minimum}(T_i, T_j) \quad (5)$$

$$\tilde{z}_l^{i+j} = \tilde{z}_l^o \quad \forall (l \in]m, p]), \text{ mit } p = \text{Maximum}(T_i, T_j) \text{ und } \tilde{z}_l^o = \tilde{z}_l^i, \text{ falls } T_i > T_j, \text{ und} \\ \tilde{z}_l^o = \tilde{z}_l^j, \text{ falls } T_j > T_i. \quad (6)$$

Haben die zwei zu aggregierenden Projekte i und j die gleiche Laufzeit, dann können die Einzahlungsüberschüsse der jeweiligen Perioden einfach miteinander addiert werden. Hat beispielsweise Projekt i eine kürzere Laufzeit als Projekt j (in diesem Fall gilt: $m = T_i$), dann werden die Zahlungsströme beider Projekte gemäß (5) bis zum Ende von Pro-

¹² Vgl. [BaCo96, S. 17].

¹³ Obwohl die Argumente dieser Funktion voneinander abhängig sind, entscheiden wir uns der anschaulichen Darstellung halber im Folgenden für diese Schreibweise.

¹⁴ Eine genaue Untersuchung, welche Risikomaße im Hinblick auf das hier verfolgte Bewertungsziel geeignet sind, findet sich in den Abschnitten 3.2, 3.3 und 4.1.

¹⁵ Die Eigenschaft der Wertadditivität ist nicht nur berechnungstechnisch für die Realisierung eines Steuerungskonzeptes eine wünschenswerte Eigenschaft, sondern hat auch eine zentrale ökonomische Bedeutung: sie erst ermöglicht die Zerlegung der Entscheidung über ein Investitionsprogramm in Partialentscheidungen über einzelne Investitionsprojekte. Vgl. [FrHa94, S. 329 ff.].

jekt i addiert, für die weiteren Perioden (d.h. für alle Perioden von T_{i+1} bis T_j) sind gemäß (6) nur noch die Einzahlungsüberschüsse von Projekt j relevant.

Die Vorschrift \circ zur Aggregation des Risikomaßes ist vom jeweils gewählten Risikomaß abhängig und kann deshalb an dieser Stelle noch nicht spezifiziert werden.

Auf Basis der für die Ausgangssituation getroffenen Annahmen (A1) bis (A4) können nun im folgenden Abschnitt 3 aus der Literatur bekannte Konzepte zur Ermittlung des Shareholder Value daraufhin untersucht werden, ob sie die geforderten Eigenschaften (E1), (E2) und (E3) aufweisen.

3 Diskussion ausgewählter Konzepte zur Ermittlung des Shareholder Value

3.1 Gewinn- und renditebasierte Bewertungsansätze

In der Literatur wurden eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren zur Bewertung von Investitionsprogrammen sowie zur Ermittlung des Unternehmenswertes vorgestellt. Dies sind zum einen die auf der periodisierten Erfolgsgröße der Eigenkapitalrentabilität¹⁶ basierenden Verfahren wie der *Return on Equity-Spread*¹⁷ oder der von STERN und STEWART vorgeschlagene Ansatz des *ökonomischen Gewinns*¹⁸, der auch als *Economic Value Added* bzw. als *EVA-Konzept* bekannt ist und der sich in der Praxis - ungeachtet der Kritik - aufgrund seiner methodischen Nähe zu den periodenorientierten Teilsystemen des betrieblichen Rechnungswesens wachsender Beliebtheit erfreut.¹⁹ Diese Methoden sollen im Rahmen dieses Beitrags jedoch nicht weiter betrachtet werden, da ihnen im Prinzip die gleichen Mängel wie den klassischen gewinnorientierten Erfolgsgrößen anhaften.²⁰

Zum anderen existiert mit dem *Cash Flow Return on Investment (CFROI)*²¹ der Boston Consulting Group (BCG) ein auf der Internen Zinsfußmethode aufbauender Ansatz. Dieses Konzept ist in seiner Anwendung insofern problematisch, als ihm die gleichen Mängel wie der Internen Zinsfußmethode anzulasten sind.²² Warum sich die Interne Zinsfußmethode und darauf aufbauende Konzepte in der Praxis dennoch großer Beliebtheit erfreuen, könnte daran liegen, daß der interne Zinsfuß die durchschnittliche Verzinsung des durch die Investition gebundenen Kapitals darstellt und damit dem bei Praktikern beliebten Denken in Renditen stark entgegenkommt.²³ Weil diese skizzierten Mängel zu finanzwirtschaftlichen Fehlent-

¹⁶ Die Eigenkapitalrentabilität wird im angelsächsischen Sprachraum auch als Return on Equity (ROE) bezeichnet.

¹⁷ Vgl. z.B. [HaMa88, S. 231 f.].

¹⁸ Vgl. [Stew90] und [Ster74].

¹⁹ Vgl. [Jahn98].

²⁰ So nennt beispielsweise BISCHOFF die Beeinflussbarkeit des Gewinns durch die Ausübung von Ansatz- und Bewertungswahlrechten, die mangelnde Berücksichtigung von Risikopräferenzen, die Vernachlässigung von Zeitpräferenzen und die Vernachlässigung der Dividendenpolitik und die damit einhergehenden Unterinvestitionsanreize als die fundamentalen Mängel der Erfolgsmessung auf Basis buchhalterischer Größen. Vgl. [Bisc94, S. 12 ff.].

²¹ Vgl. [LeSt94].

²² Abgesehen von der Mehrdeutigkeit möglicher Lösungen können beim Einsatz der Methode des Internen Zinsfußes Fälle auftreten, bei denen unter Umständen ein Zahlungsstrom gar keinen realen internen Zinsfuß hat. Zudem wird die Interne Zinsfußmethode insbesondere für die Bewertung von Investitionsprojekten im Rahmen von Investitionsprogrammen als ungeeignet eingestuft. Vgl. [Kilg65, S. 797 f.], [Schn92, S. 89].

²³ Vgl. [Schn92, S. 81], [PeSt97, S. 65].

scheidungen führen können, soll auch der CFROI im weiteren Verlauf nicht näher untersucht werden.²⁴

3.2 Cash Flow-basierte Bewertungsansätze auf der Grundlage des Capital Asset Pricing Model (CAPM)

Neben den bereits genannten Konzepten werden in der einschlägigen Shareholder Value-Literatur vor allem die von RAPPAPORT²⁵ und COPELAND/KOLLER/MURRIN²⁶ vorgeschlagenen, Cash Flow-basierten Ansätze zur Ermittlung des Unternehmenswertes empfohlen.

Danach wird der Unternehmenswert (V_U) als Barwert der zukünftigen freien Cash Flows der Unternehmung ermittelt:²⁷

$$V_U = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{E[FCF_t]}{(1+k)^t} \quad (7)$$

Die Wahl des Kapitalkostensatzes (k) und die Definition der freien Cash Flows (FCF_t) ist dabei abhängig vom Verwendungszweck. Für die Berechnung des Eigenkapitalwertes einer Unternehmung wird der den Eigenkapitalgebern zustehende Teil des freien Cash Flows mit den Eigenkapitalkosten abdiskontiert.²⁸ Für die Berechnung des Gesamtwertes der Unternehmung als Summe aus den Werten von Eigen- und Fremdkapital²⁹ wird im allgemeinen der Ansatz gewichteter Kapitalkosten k_g , der sog. Weighted Average Cost of Capital (WACC), zur Diskontierung des gesamten freien Cash Flow, vorgeschlagen. Dabei wird für beide Vorgehensweisen i.a. eine kapitalmarktorientierte Ermittlung der Eigenkapitalkosten (k_e) auf Basis des Capital Asset Pricing Model (CAPM) vorgeschlagen.³⁰ Diese lassen sich wie folgt berechnen:

$$k_e = r_s + (r_m - r_s)\beta_U \quad (8)$$

$$k_g = \frac{FK}{GK} k_f + \frac{EK}{GK} k_e \quad (9)$$

mit:

- r_s Zinssatz für sichere Anlagen
- r_M Rendite des Marktportfolios
- β_U Beta-Faktor der betrachteten Unternehmung
- $EK / FK / GK$ Höhe des Eigen- / Fremd- / Gesamtkapitals der Unternehmung
- k_f Renditeforderung der Fremdkapitalgeber

Die Bewertungsfunktion (7) muß nun daraufhin überprüft werden, ob sie die in Abschnitt 2 aufgeführten Eigenschaften (E1), (E2) und (E3) erfüllt. Dies sei zunächst aus Vereinfachungsgründen anhand eines einperiodigen Modells untersucht. Wir greifen dazu auf FRANKE und

²⁴ Eine systematische und modelltheoretisch fundierte Kritik des CFROI findet sich z.B. in [Hach97].

²⁵ Vgl. [Rapp97].

²⁶ Vgl. [CoKo⁺98].

²⁷ Vgl. [Bisc94, S. 107]. Zur praktischen Berechnung wird häufig ein 2-phases Modell verwendet. In der 1. Phase berechnet sich der SV bis zum Planungshorizont und in der 2. Phase als Endwert auf Basis des Sustainable-Growth-Modell. Ausführliche Beispiele finden sich bei [KaWa⁺97, S. 502] und [KüLo97, S. 10]. Ein Kennzahlensystem, in welchem die Einflüsse der Berechnung des Unternehmenswertes zu erkennen sind, findet sich z.B. in [Bisc94, S. 94]. Gleichung (7) und (9) beschreiben eine spezielle Variante des DCF-Verfahrens, das Total Cash Flow-Verfahren (TCF).

²⁸ Dies wird auch als *Equity-Approach* bezeichnet.

²⁹ Dies wird auch als *Entity-Approach* bezeichnet.

³⁰ Vgl. z.B. [CoSa88, S. 703ff.].

HAX zurück, die eine gemäß (7) konstruierte, auf dem CAPM basierende Bewertungsfunktion daraufhin untersucht haben, ob sie die Eigenschaft der Wertadditivität erfüllt³¹. Dabei liegen die allgemeinen Annahmen des CAPM zugrunde³². Die von FRANKE und HAX ermittelte, aus der Wertpapierlinie des CAPM abgeleitete Bewertungsfunktion läßt sich in den folgenden beiden Varianten darstellen:

$$V(\tilde{e}_i) = \frac{e_i}{1 + (r_s + \frac{\mu_M - r_s}{\sigma_M^2} Cov_{iM})} \quad (10)$$

$$V(\tilde{e}_i) = \frac{e_i - \frac{\mu_M - r_s}{\sigma_M^2} Cov_{e_iM}}{1 + r_s} \quad (11)$$

mit:

- \tilde{e}_i unsichere Zahlung im Zeitpunkt 1 des Projektes i
- $e_i = E(\tilde{e}_i)$ Erwartungswert der unsicheren Zahlung des Projektes i
- μ_M Erwartungswert der Rendite des Marktportefeuilles
- Cov_{iM} Kovarianz zwischen der Rendite der unsicheren Zahlung \tilde{e}_i und der Rendite des Marktportefeuilles
- Cov_{e_iM} Kovarianz zwischen dem Betrag der unsicheren Zahlung \tilde{e}_i und der Rendite des Marktportefeuilles

Bei der in (10) vorgestellten Variante erfolgt die Berücksichtigung der unsicheren Höhe des Rückflusses aus der Investition zum Zeitpunkt 1 durch die Verwendung eines risikoadjustierten Kalkulationszinses, d.h. durch einen Risikoaufschlag im Nenner; bei der in (11) vorgestellten Variante hingegen durch einen Risikoabschlag im Zähler. Abgezinst wird hier also das Sicherheitsäquivalent des unsicheren Rückflusses im Zeitpunkt 1 mit dem Zinssatz für sichere Anlagen. Dabei wird die Höhe des Risikoabschlages³³ nicht auf Basis einer individuellen Risikonutzenfunktion, sondern auf der Basis von am Markt üblichen Risikoprämien vorgenommen. Von daher ergibt sich der Marktwert der Investition sowohl im Fall der Variante (10) als auch im Fall der Variante (11) aus einer Funktion mit den Variablen erwartete Einzahlungsüberschüsse und Risikomaß. Somit ist (E1) erfüllt.

Die Gültigkeit von (E2) sieht man leicht. Handelt es sich um einen sicheren Rückfluß im Zeitpunkt 1, so ist die Kovarianz mit der Rendite des Marktes gleich 0, somit ist der Risikoab- bzw. -aufschlag ebenfalls gleich 0 und als Ergebnis ergibt sich ein einfacher Barwert.

FRANKE und HAX weisen die Äquivalenz von (10) und (11) sowie die Eigenschaft der Wertadditivität (E3) dieser Bewertungsfunktion nach:³⁴

$$\begin{aligned} V(\tilde{e}_1) + V(\tilde{e}_2) &= \frac{e_1 - gCov_{e_1M}}{1 + r_s} + \frac{e_2 - gCov_{e_2M}}{1 + r_s} = \frac{(e_1 + e_2) - g(Cov_{e_1M} + Cov_{e_2M})}{1 + r_s} = \\ &= \frac{(e_1 + e_2) - gCov_{(e_1+e_2)M}}{1 + r_s} = V(\tilde{e}_1 + \tilde{e}_2) \end{aligned} \quad (12)$$

Dabei ist g definiert als:

³¹ Vgl. [FrHa94, S. 348 ff.].

³² Für eine ausführliche Darstellung der dem CAPM zugrundeliegenden Annahmen vgl. z.B. [PeSt97, S. 258 f.].

³³ Der Betrag des Risikoab- bzw. Risikoaufschlages wird auch als Risikoprämie bezeichnet.

³⁴ Vgl. [FrHa94, S 348 ff.].

$$g := \frac{\mu_M - r_s}{\sigma_M^2} \quad (13)$$

Der Beweis (12) baut dabei auf der Additivität von Kovarianzen auf:³⁵

$$\text{Cov}_{(e_1+e_2)M} = \text{Cov}_{e_1M} + \text{Cov}_{e_2M} \quad (14)$$

Somit weist sowohl die Bewertungsfunktion (10) als auch die Bewertungsfunktion (11) die in Abschnitt 2 geforderten Eigenschaften auf. Beide für den einperiodigen Fall hergeleiteten Bewertungsfunktionen können damit die Basis für eine Rendite-/Risikosteuerung der Industrieunternehmung bilden. FRANKE und HAX weisen (ohne formalen Nachweis) darauf hin, daß sich diese Art der Bewertungsfunktion - wie auch das CAPM - auf den mehrperiodigen Fall übertragen läßt.³⁶

Bei der Anwendung der Bewertungsfunktion (10) bzw. (11) ist jedoch zu berücksichtigen, daß sich die Bewertungsfunktion durch das zusätzliche Projekt nicht ändern darf.³⁷ Insbesondere muß eine konstante Risikoprämie des Marktes sowie konstante β -Faktoren angenommen werden. Voraussetzung dafür ist, daß das in Frage stehende Investitionsprojekt im Hinblick auf das Investitionsvolumen klein ist im Vergleich zum Investitionsvolumen des Gesamtmarktes. Dies kann jedoch unseres Erachtens nicht immer angenommen werden. Gerade wenn man bedenkt, daß das Shareholder Value-Konzept zur Beurteilung strategischer Investitionen herangezogen wird, wie z.B. zur Bewertung von Firmenübernahmen oder Fusionen.

Vor allem aber muß diskutiert werden, inwieweit das für die Berechnung des Unternehmenswertes sowohl bei den allgemeinen Discounted Cash Flow-Verfahren (vgl. (7)) wie auch bei der von FRANKE und HAX untersuchten Bewertungsfunktion (10) bzw. (11) zugrundegelegte Risikomaß in Form des β -Faktors als das für die Zwecke der unternehmensinternen Rendite-/Risikosteuerung geeignete erscheint.

Der β -Faktor als Risikomaß mißt, je nachdem für welche Bewertungseinheit er ermittelt wird, das systematische Risiko einer Unternehmung, eines Geschäftsbereiches oder eines einzelnen Projektes.³⁸ Der β -Faktor beurteilt das Risiko einer Unternehmung aus der Sicht eines Investors, welcher ein sehr gut diversifiziertes Portefeuille von Beteiligungen an mehreren verschiedenen Unternehmungen hält. Das systematische Risiko einer Beteiligung ist dasjenige Risiko, welches nach der Ausnutzung von Diversifikationseffekten bei der Zusammenstellung eines Portefeuilles, wodurch das unsystematische, unternehmensindividuelle Risiko hinwegdiversifiziert wird, übrigbleibt. Es quantifiziert somit das nicht wegdiversifizierbare, auf marktinhärenten Veränderungen basierende Risiko.³⁹ Unsystematische Risiken hingegen hängen nicht von übergeordneten, den Gesamtmarkt betreffenden Ereignissen ab, sondern haben ihre Ursache in dem jeweiligen Anlageobjekt, also der betrachteten Unternehmung selbst.⁴⁰ Systematisches und unsystematisches Risiko zusammen ergeben das Gesamtrisiko einer Anlage.

³⁵ Zum Beweis von Formel (14) vgl. [FrHa94, S. 356].

³⁶ Vgl. [FrHa94, S. 350].

³⁷ Vgl. [FrHa94, S. 350]. Eine ausführliche Diskussion der Frage, wie im Zusammenhang mit Investitionsbewertungen auf Basis des CAPM zusätzliche, in dem der Bewertung zugrunde liegenden Marktgleichgewicht nicht berücksichtigte Projekte zu behandeln sind, findet sich in [Sael76a, S. 138 ff] und [Sael76b].

³⁸ Der β -Faktor β_i eines Projektes ist definiert als: $\beta_i := \frac{\text{Cov}_{iM}}{\sigma_M^2}$.

³⁹ Vgl. [StBr98, S. 26] und [StBr98, S. 55 f].

⁴⁰ Vgl. [StBr98, S. 55 ff].

Die Verwendung des β -Faktors und damit des systematischen Risikos eines Geschäftes zu dem hier zugrundegelegten Zweck der unternehmensinternen Rendite-/Risikosteuerung erscheint jedoch aus mehreren Gründen problematisch.

Der β -Faktor als Risikomaß läßt sich sowohl aus dem CAPM als auch aus dem Marktmodell heraus begründen. Die Ermittlung von β -Faktoren für eine praktische Anwendung kann auf Basis des Marktmodells erfolgen, mit welchem aus Vergangenheitsdaten der empirische Zusammenhang zwischen der Rendite eines einzelnen Papiers und einem Marktindex ermittelt werden kann.⁴¹ Somit unterstellt man bei Verwendung des β -Faktors als Risikomaß zur Beurteilung des Risikos zukünftiger Rückflüsse eine stationäre Risikosituation. Zudem läßt sich der (in der Vergangenheit gültig gewesene) β -Faktor nur für börsennotierte Unternehmungen und dabei nur für die Gesamtunternehmung direkt aus den Marktdaten des betrachteten Unternehmens ermitteln. Für nicht börsennotierte Unternehmungen sowie für einzelne Unternehmensbereiche existieren zwar beispielsweise mit den bereits in den 70er Jahren entwickelten Methoden des Analogie-Ansatzes⁴² und der Accounting- β -Methode⁴³ Verfahren zur Schätzung des β -Faktors. Hält man die so auf indirektem Wege gefundenen β -Faktoren für eine valide Einschätzung des systematischen Risikos eines Unternehmens oder eines Geschäftsbereichs, so fehlt jedoch immer noch die Möglichkeit zur Ermittlung des systematischen Risikos eines einzelnen Projektes oder Geschäftes.

Hält man sich die Summe der oben geschilderten Schwierigkeiten vor Augen, die mit der Ermittlung geeigneter β -Faktoren verbunden sind, so stellt sich die Frage, inwieweit es sinnvoll ist, zur unternehmensinternen Steuerung ein Risikomaß zu verwenden, das letztlich ausdrückt, wie der *Markt* die Risikoposition der Unternehmung *einschätzt*, oder ob nicht in der Unternehmung selbst verlässlichere Information sowie bessere Möglichkeiten zur Ermittlung des Risikos vorhanden sind und ob deshalb nicht der Einsatz eines internen Risikomaßes geeigneter als der β -Faktor sei.

Zieht man darüber hinaus in Betracht, daß, aufbauend auf den negativen Erfahrungen, wie sie z.B. bei der Metallgesellschaft gemacht werden mußten, ein Anliegen für den Erlaß des KonTraG gerade auch die Konkursvermeidung gewesen ist, so muß man sich auch die Frage stellen, ob man das unsystematische, und damit gerade das unternehmensspezifische Risiko vernachlässigen sollte. So erscheint es, gerade auch vor dem Hintergrund des Überlebenszieles von Unternehmungen kaum plausibel, daß es den realen Gegebenheiten von Unternehmungen entspricht, lediglich das systematische Risiko zur Basis der Steuerung der Geschäftsaktivitäten zu machen. Deshalb schlagen wir vor, ein unternehmensintern ermittelbares, das *Gesamtrisiko* einer Investition, eines Geschäftsbereiches oder einer Unternehmung quantifizierendes Risikomaß als Basis einer Rendite-/Risikosteuerung zu verwenden.

3.3 Ein Bewertungsansatz mit Berücksichtigung des Gesamtrisikos

Wie könnte nun ein geeignetes Risikomaß zur Quantifizierung des Gesamtrisikos und eine darauf aufbauende Bewertungsfunktion aussehen? Zur Beantwortung dieser Frage möchten wir zunächst aufzeigen, was passieren würde, wenn man sich auch in diesem Fall (im Hinblick auf die Risikoprämie pro übernommener Einheit Risiko) am CAPM orientieren und anstatt des β -Faktors als Maß lediglich für das systematische Risiko die Varianz bzw. Standardabweichung erwarteter Rückflüsse oder erwarteter Renditen als Gesamt-Risikomaß verwenden würde. Dies würde zu einer auf der Kapitalmarktklinie basierenden Bewertungsfunktion

⁴¹ Vgl. [StBr98, S. 37].

⁴² Vgl. z.B. [FuKe81, S. 997 ff.].

⁴³ Vgl. z.B. [BeKe⁺70, S. 654 ff.] oder [StBa92, S. 347 ff.].

führen. Eine entsprechende Vorgehensweise sei im Folgenden anhand eines einfachen, wiederum einperiodigen Modells dargestellt.

Wir betrachten dazu eine Unternehmung, deren Geschäftstätigkeit in der Durchführung zweier Projekte besteht. Die Projekte sind nur ganz oder gar nicht durchführbar, d.h. nicht beliebig teilbar. Die Geschäftsleitung investiert zu Beginn der Periode in diese Projekte jeweils eine Anfangsauszahlung in Höhe von I_i (mit $i \in \{1,2\}$; $I_i > 0$). Die Rückflüsse aus den Projekten am Ende der Periode sind unsicher, werden jedoch gemäß (A2) als normalverteilt angenommen und deshalb als normalverteilte Zufallsvariable \tilde{e}_i mit dem Erwartungswert e_i und der Standardabweichung σ_{e_i} modelliert. Der Wert eines solchen Projektes zu Beginn der Periode läßt sich berechnen als:⁴⁴

$$V_i = -I_i + \frac{e_i}{1 + r_s + (r_M - r_s) \frac{\sigma_{e_i}}{I_i \sigma_M}} \quad (15)$$

Es stellt sich nun die Frage, ob es sich bei (15) um eine additive Bewertungsfunktion handelt oder ob sich, entsprechend den Erkenntnissen aus der Theorie der Portfoliomischung, ein Diversifikationseffekt einstellt, so daß gilt:

$$V_{(1+2)} > V_1 + V_2 \quad (16)$$

Dabei ist zunächst zu klären, wie das Risikomaß $\frac{\sigma_{e_i}}{\sigma_{e_M}}$ geeignet zu aggregieren ist. $\sigma_{e(1+2)}$

kann gemäß der Standardformel zur Berechnung der Standardabweichung der Summe zweier Zufallsvariablen berechnet werden als⁴⁵

$$\sigma_{e(1+2)} = \sqrt{\sigma_{e_1}^2 + \sigma_{e_2}^2 + 2k_{12}\sigma_{e_1}\sigma_{e_2}}, \quad (17)$$

wobei k_{12} den Korrelationskoeffizienten bezeichnet. Damit ergibt sich $V_{(1+2)}$, der Wert der Summe der beiden Projekte, als:

$$V_{(1+2)} = -I_1 - I_2 + \frac{e_1 + e_2}{1 + r_s + (r_M - r_s) \frac{\sqrt{\sigma_{e_1}^2 + \sigma_{e_2}^2 + 2k_{12}\sigma_{e_1}\sigma_{e_2}}}{\sigma_M(I_1 + I_2)}} \quad (18)$$

Aufgrund der normalerweise in der Portfoliotheorie nicht üblichen Annahme der Unteilbarkeit der Investitionsmöglichkeiten ergeben sich beim Vergleich des Wertes der Summe der Projekte ($V_{(1+2)}$) mit der Summe der Werte der Projekte ($V_1 + V_2$) einige unerwartete Effekte. Dazu sei zunächst ein Beispiel betrachtet.

⁴⁴ Eine Herleitung für den Ausdruck $\frac{\sigma_{e_i}}{I_i \sigma_M}$ findet sich in Anhang 1.

⁴⁵ Vgl. z.B. [BIGe⁺94, S.49].

Beispiel 1: Gegeben seien folgende Projektdaten:

	Investitionsprojekt I ₁	Investitionsprojekt I ₂
Anfangsauszahlung I_i	-100,00	-100,00
Erwarteter Rückfluss am Ende der Periode 1 $E(\tilde{e}_i)$	135,00	120,00
Standardabweichung der erwarteten Rückflüsse σ_{e_i}	11,62	7,75

Tabelle 3-1: Projektdaten des Beispiel 1

Weiterhin seien folgende Marktdaten angenommen:

- die Marktrendite r_M betrage 9%
- die Standardabweichung der Marktrendite σ_M betrage 2%
- der Zinssatz für sichere Anlagen r_s betrage 5%

Durch Anwendung der Bewertungsfunktionen (15) und (18) auf die Beispieldaten ergeben sich folgende Projektwerte für alternative Korrelationskoeffizienten:

Fall 1	$k_{12} = -1$ $\sigma_{e(1+2)} = 3,87$	$V_1 = 5,27$	$V_2 = -0,41$	$V_{(1+2)} = 34,22$ $V_1 + V_2 = 4,86$
Fall 2	$k_{12} = 0$ $\sigma_{e(1+2)} = 13,96$	$V_1 = 5,27$	$V_2 = -0,41$	$V_{(1+2)} = 14,35$ $V_1 + V_2 = 4,86$
Fall 3	$k_{12} = 0,3$ $\sigma_{e(1+2)} = 15,97$	$V_1 = 5,27$	$V_2 = -0,41$	$V_{(1+2)} = 10,8$ $V_1 + V_2 = 4,86$
Fall 4	$k_{12} = +1$ $\sigma_{e(1+2)} = 19,36$	$V_1 = 5,27$	$V_2 = -0,41$	$V_{(1+2)} = 5,04$ $V_1 + V_2 = 4,86$
Fall 5 ⁴⁶	$k_{12} = +1$ $\sigma_1 = \sigma_2 = 7,75$ $\sigma_{e(1+2)} = 15,5$	$V_1 = 7,89$	$V_2 = -0,41$	$V_{(1+2)} = 7,48$ $V_1 + V_2 = 7,48$

Tabelle 3-2: Alternative Projektwerte bei unterschiedlichen Korrelationskoeffizienten für die Ausgangsdaten von Beispiel 1.

Ein zunächst unerwartetes Ergebnis stellt sich im *Fall 1* bezüglich der Standardabweichung der Summe der beiden erwarteten Rückflüsse ($\sigma_{e(1+2)}$) ein. Da hier eine vollständig negative Korrelation vorliegt, würde man zunächst eine Varianz von 0 für die Summe dieser beiden Zufallsvariablen erwarten. Tatsächlich ergibt sich jedoch eine Standardabweichung in Höhe von 3,87. Dieser Effekt, welcher leicht erklärbar ist, resultiert aus der Unteilbarkeit der Projekte. Da sich im Falle vollständig negativer Korrelation die Standardabweichung der Summe der Zufallsvariablen als Betrag der Differenz der Standardabweichungen der beiden summierten Zufallsvariablen ergibt,⁴⁷ führt dies zu einer Standardabweichung von 0 nur im Falle von Zufallsvariablen mit gleich großer Standardabweichung.

⁴⁶ Die Projektdaten weichen in Fall 5 bezüglich σ_1 von den in Tabelle 3-1 angegebenen Daten ab.

⁴⁷ Vgl. Anhang 1.

Ebenfalls unerwartet ist das im Falle der vollständig positiven Korrelation der Rückflüsse (*Fall 4*) auftretende Resultat, daß der Wert der Summe ($V_{(1+2)}$) größer als die Summe der Werte (V_1+V_2) der Projekte ist. Da hier vollständige Korrelation der beiden einzelnen Zufallsvariablen angenommen wurde, würde man eigentlich eine Gleichheit dieser beiden Werte erwarten. Dies vor allem auch deshalb, weil sich im Fall vollständig positiver Korrelation die Standardabweichung der Summe der Zufallsvariablen als Summe der Standardabweichungen der beiden einzelnen Zufallsvariablen ergibt. Von daher müßte das Risiko der Summe beider Projekte aufgrund nicht vorhandener Diversifikationseffekte genau der Summe der Risiken der beiden Einzelprojekte entsprechen.

Um dieses Ergebnis zu erklären, muß das gewählte Risikomaß genauer betrachtet werden. Es ergibt sich daraus, daß das Risikomaß die Gestalt eines Quotienten hat und damit eine additive Verknüpfung nur bei Gleichnamigkeit möglich ist.

Das korrekte Risiko für $V_{(1+2)}$ ergibt sich als:

$$\frac{\sigma_{e_1} + \sigma_{e_2}}{\sigma_M(I_1 + I_2)} \quad (19)$$

Die Summe der Risiken der einzelnen Projekte hingegen ergibt sich als:

$$\frac{\sigma_{e_1}}{\sigma_M I_1} + \frac{\sigma_{e_2}}{\sigma_M I_2} = \frac{1}{\sigma_M} \left(\frac{\sigma_{e_1} I_2 + \sigma_{e_2} I_1}{I_1 I_2} \right) \quad (20)$$

Da (19) und (20) offensichtlich nicht äquivalent sind, ist gezeigt, daß das gewählte Risikomaß nicht einmal für den Fall der vollständig positiven Korrelation die Eigenschaft der Additivität erfüllt.

So ist nur, falls - wie in *Fall 5* - zum Vorliegen einer vollständig positiven Korrelation ($k_{12} = +1$) zusätzlich noch der Sachverhalt gleicher Anfangsauszahlungen ($I_1 = I_2$) und gleicher Standardabweichungen ($\sigma_{e_1} = \sigma_{e_2}$) der beiden Projekte hinzukommt, die Eigenschaft der Wertadditivität (E3) erfüllt. Das heißt, nur in diesem Fall gilt $V_{(1+2)} = V_1 + V_2$. Für alle Fälle, in denen keine vollständig positive Korrelation gegeben ist ($k_{12} < 1$), stellt sich der aus der Portfoliotheorie her erwartete Diversifikationseffekt ein, der bewirkt, daß der Wert der Summe zweier Projekte größer ist als die Summe der Werte der Projekte (vgl.(16)).

Dem Beispiel läßt sich aber noch ein weiterer Hinweis darauf entnehmen, daß auch die Standardabweichung der erwarteten Rückflüsse der einzelnen Projekte nicht das geeignete Risikomaß zur Beurteilung eines Projektes innerhalb eines Investitionsprogrammes darstellt. In den Fällen 1 bis 4 hat jeweils Projekt 1 einen Wert V_1 von 5,27, die isolierte Durchführung von Projekt 1 lohnt sich also, der Wert V_2 von Projekt 2 ist mit -0,27 jedoch negativ, die isolierte Durchführung empfiehlt sich daher nicht. Führt man jedoch Projekt 1 und 2 zusammen innerhalb eines Investitionsprogrammes (d.h. innerhalb der gleichen Unternehmung) durch, so ergibt sich durch die Hinzunahme von Projekt 2 zu Projekt 1 z.B. im unkorrelierten Fall (*Fall 2*) eine Barwertsteigerung um 5,53. D.h. betrachtet man Projekt 2 aus der Sicht eines Investitionsprogrammes, dann ist die Durchführung dieses Projekts vorteilhaft. Somit ist auch die Standardabweichung eines Projektes nicht das geeignete Risikomaß zur Beurteilung von Einzelprojekten oder Geschäftsbereichen innerhalb von Unternehmungen. Statt der Standardabweichung ist also ein Risikomaß zu verwenden, welches den Risikobeitrag eines einzelnen Projektes zum Gesamtrisiko der Unternehmung korrekt widerspiegelt. Wie ein solches Risikomaß aussehen kann, soll im nun folgenden Abschnitt 4 gezeigt werden.

Insgesamt läßt sich aus den in diesem Abschnitt aufgezeigten Schwierigkeiten die Schlußfolgerung ziehen, daß die üblicherweise im Rahmen von Konzepten zur wertorientierten Unternehmensführung vorgeschlagenen, aus dem CAPM abgeleiteten oder analog zum CAPM konstruierten Bewertungsfunktionen als Grundlage für hierarchische, rendite-/risikoorientierte Entscheidungsunterstützungssysteme, die auch den Anforderungen des KonTraG genügen sollen, ungeeignet erscheinen. Deshalb soll im nun folgenden Abschnitt 4 eine auf einem alternativen Ansatz basierende Bewertungsfunktion entwickelt werden.

4 Vorschlag einer geeigneten Bewertungsfunktion

Im vorangegangenen Abschnitt wurden verschiedene Bewertungsfunktionen vorgestellt, die aus unterschiedlichen Gründen nicht die in Abschnitt 2 geforderten Eigenschaften zufriedenstellend erfüllt haben. Diese seien hier noch einmal kurz zusammengefaßt:

- Bewertungsfunktionen, welche auf dem β -Faktor als Risikomaß aufbauen, sind für eine unternehmensinterne Rendite-/Risikosteuerung insofern ungeeignet, als sie anstelle des Gesamtrisikos lediglich das systematische Risiko der Unternehmung in die Bewertung einbeziehen und daher den Anforderungen des KonTraG hinsichtlich eines umfassenden Risikomanagementsystems nicht hinreichend gerecht werden.
- Das der Bewertungsfunktion zugrundegelegte Risikomaß muß korrekt aggregierbar sein. Das bedeutet, daß im Fall der Abwesenheit von Diversifikationseffekten das Risiko der gemeinsamen Durchführung zweier Projekte in einem Investitionsprogramm auch genau der Summe der Einzelrisiken dieser beiden Projekte entsprechen muß. Im betrachteten Fall der Bewertungsfunktion (15) liegt die Nichtadditivität des Risikomaßes darin begründet, daß das Risikomaß dieser Bewertungsfunktion die Gestalt eines Quotienten besitzt und nicht isoliert von den Investitionsanfangsauszahlungen dargestellt werden kann. Ferner läßt dieses Risikomaß den Risikobeitrag des Einzelprojektes zum Gesamtprogramm außer acht und kann deshalb zu einer Fehleinschätzung der Vorteilhaftigkeit dieses Projektes aus Gesamtunternehmungssicht führen.

Um eine additive Bewertungsfunktion zu erhalten, erscheint es deshalb sinnvoll, die Ertrags- und die Risikokomponente der Bewertungsfunktion voneinander zu separieren. Für die Ertragskomponente kann zunächst aus dem Zahlungsstrom Z^i ein erwarteter Barwert z_i errechnet werden, indem die Erwartungswerte der einzelnen Zahlungskomponenten mit dem risikolosen Kalkulationszins abdiskontiert werden. Die Berücksichtigung des Risikos kann dann durch Ermittlung eines sicherheitsäquivalenten Barwertes erfolgen, den man durch Abzug einer vom Risikomaß abhängigen Risikoprämie vom erwarteten Barwert errechnen kann. Indem man also das mit einer Investition verbundene Risiko dem erwarteten Barwert *en bloc* gegenüberstellt, vermeidet man die im Hinblick auf die Aggregierbarkeit problembehaftete Risikoadjustierung im Kalkulationszins. Barwerte, die mit einem für verschiedene Projekte einheitlichen Kalkulationszins ermittelt wurden, sind - wie wir in Abschnitt 3 erwähnt haben - additiv verknüpfbar. Hat man dann auf diese Art und Weise in der Bewertungsfunktion die Risiko- und die Ertragskomponente voneinander separiert und ein geeignetes additives Risikomaß identifiziert, dann wäre zu erwarten, daß die so aufgestellte Bewertungsfunktion auch die Eigenschaft der Wertadditivität erfüllt.

Bevor jedoch die Bewertungsfunktion hergeleitet werden kann, sind die in Abschnitt 2 getroffenen Annahmen wie folgt zu erweitern:

- (A5) Die in Abschnitt 2 getroffene Annahme (A2) wird dahingehend verfeinert, daß als Bewertungskriterium der Zahlungswirkung der einzelnen Projekte i jetzt der erwartete Barwert $E(\tilde{z}_i)$ der Einzahlungsüberschüsse verwendet wird. Dieser gehorcht aufgrund

der normalverteilten Zahlungsstromkomponenten wiederum der Normalverteilung.⁴⁸ Die Verteilung eines solchen Projektbarwertes kann demnach vollständig durch Erwartungswert und Standardabweichung beschrieben werden:

- Erwarteter Barwert des Projektes i : $z_i = E(\tilde{z}_i)$
- Standardabweichung des Barwertes des Projektes i : σ_i

(A6) Es wird angenommen, daß die Entscheidungsträger der Unternehmung die riskanten Projektbarwerte gemäß dem Bernoulli-Prinzip bewerten.⁴⁹ Das bedeutet, daß die einzelnen Projekte nicht mit dem erwarteten Barwert, sondern mit dem erwarteten Nutzen der alternativ möglichen Barwerte bewertet werden.

(A7) Die Nutzenfunktion der Entscheidungsträger kann durch die Formel $u(x) = -\frac{1}{a}e^{-ax}$ beschrieben werden, wobei der Parameter a den Risikoaversionsgrad des Entscheidungsträgers klassifiziert: für $a < 0$ ($a > 0$) ist dieser risikofreudig (risikoscheu), für $a = 0$ ist er risikoneutral.⁵⁰

Infolge der Verfeinerung von (A2) zu (A5) sind nun auch die für die Bewertungsfunktion geforderten Eigenschaften (E1) bis (E3) zu präzisieren:

(E1') Der Wert eines Projektes i (V_i) ist eine Funktion des erwarteten Barwertes und des Risikos dieses Projektes:

$$V_i = v(z_i, s_i) \quad (21)$$

(E2') Der Wert eines sicheren Projektes entspricht seinem Barwert.

$$V_i = v(z_i, 0) = z_i \quad (22)$$

(E3') Die Bewertungsfunktion hat die Eigenschaft der Wertadditivität:

$$V_{i+j} = v(z_{i+j}, s_{i+j}) = v(z_i + z_j, s_i + s_j) = v(z_i, s_i) + v(z_j, s_j) = V_i + V_j \quad (23)$$

Für die Entwicklung einer Bewertungsfunktion, welche diesen Eigenschaften genügt und damit als Referenzfunktion für Bewertungsfunktionen, die in wertorientierten Entscheidungsunterstützungssystemen zum Einsatz kommen sollen, dienen kann, soll zunächst ein geeignetes additives Risikomaß identifiziert werden.

⁴⁸ Bei der Summenbildung und Diskontierung von normalverteilten Zufallsvariablen bleibt die Normalverteilungseigenschaft erhalten. Vgl. z.B. [BaBa98, S. 111].

⁴⁹ Zu einer ausführlichen Darstellung des Bernoulli-Prinzips vgl. z.B. [BaCo96, S. 70 ff.], [Bitz81, S. 153 ff.], [Schn67, S. 61 ff.].

⁵⁰ Da wir, wie eingangs in diesem Abschnitt beschrieben, aus Gründen der Wertadditivität eine Bewertungsfunktion bestimmen wollen, die die Ertrags- und Risikokomponente separiert, ist nur die in (A7) angenommene Nutzenfunktion kompatibel mit „Präferenzfunktionen, die Risiken dadurch bewerten, daß sie vom Mittelwert ein gewisses, nur von der Streuung abhängendes Risikomaß abziehen“ (vgl. [Schn67, S. 149] und Abschnitt 4.2.1). Werden andere Nutzenfunktionen angenommen, dann können aufgrund der Normalverteilungsannahme (A2) die zugehörigen Präferenzfunktionale zwar bestimmt werden, diese haben dann jedoch eine andere Form. Eine Übersicht über unterschiedliche Nutzenfunktionen und ihre zugehörigen Präferenzfunktionale findet sich in [Böck86] und [Stur86]. Weitere spezielle Eigenschaften der hier angenommenen Nutzenfunktion im Hinblick auf die Bewertung von Investitionsprojekten werden diskutiert in [Haka69] und [Leut88].

4.1 Geeignetes Risikomaß für Einzelprojekte in Investitionsprogrammen

In Abschnitt 3 wurde festgehalten, daß ein geeignetes Risikomaß für einzelne Projekte, welche in Investitionsprogrammen eingebunden sind, nicht nur das individuelle Projektrisiko messen muß, sondern auch sämtliche Verbundeffekte (Korrelationen) zu anderen Projekten mitzuberechnen hat. Betrachtet man die gesamte Investitionstätigkeit der Unternehmung als ein Investitionsprogramm mit N Projekten, dann läßt sich das Gesamtrisiko der Unternehmung (s_U) auf Basis der Vorschrift zur Ermittlung der Varianz einer Summe von Zufallsvariablen wie folgt ermitteln:⁵¹

$$s_U = \sigma_U^2 = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N Cov_{i,j} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Cov_{i,j} \quad (24)$$

Nach dieser Gleichung läßt sich die Varianz des Investitionsprogramms ermitteln als die Summe der Varianzen der Einzelprojekte zuzüglich der Summe der jeweiligen paarweisen Kovarianzen.

Anhand eines einfachen und durchgängigen Beispiels wollen wir im Folgenden die Anwendung der einzelnen Risikomaße verdeutlichen und dabei insbesondere zeigen, daß das in diesem Abschnitt vorgestellte Konzept zur Riskomessung unabhängig vom Rechnungszweck (ex ante-Entscheidungsunterstützung oder kontinuierliche Performanceüberwachung) stets zu einem korrekten und konsistenten Ergebnis führt.

Beispiel 2a: Wir betrachten das Investitionsprogramm einer Unternehmung, welches sich aus drei Projekten zusammensetzt. Folgende Ausgangsdaten sind bekannt:

Investitionsprojekt	Erwarteter Barwert	Standardabweichung	Korrelationskoeffizienten k
1	113	4,5	$k_{(1,2)} = 0,42$
2	117	8	$k_{(1,3)} = 0,31$
3	100	2	$k_{(2,3)} = 0,37$

Daraus läßt sich die Varianz-Kovarianz-Matrix (C) ermitteln:

C	1	2	3
1	20,25	15,12	2,79
2	15,12	64	5,92
3	2,79	5,92	4

Unter Anwendung von Gleichung (24) ergibt sich für die Varianz des Investitionsprogramms: $s_U = \sigma_U^2 = 135,91$.

Bei der Beantwortung der Frage, wie nun vor dem Hintergrund der Bewertung des Risikos des Investitionsprogramms auf Basis der Varianz des erwarteten Barwertes das Risiko des einzelnen Investitionsprojektes korrekt zu erfassen ist, soll zunächst differenziert nach den in Abschnitt 0 unterschiedenen beiden Bewertungszwecken vorgegangen werden.

⁵¹ Vgl. [CoWe88, S. 201], [BaBa98, S. 126]. In der Portfoliotheorie wird üblicherweise die Varianz der erwarteten Rendite eines Portfolios errechnet. Da es sich bei der Rendite um eine Verhältniszahl handelt, muß die Gewichtung der einzelnen Anlagen innerhalb des Portfolios berücksichtigt werden. Wir betrachten hier jedoch die Varianz einer Summe von erwarteten Barwerten, also von absoluten Größen. Deshalb ist bei der Berechnung der Varianz der Summe von Barwerten keine Gewichtung der Varianzen und Kovarianzen der einzelnen in diese Summe eingehenden Zufallsvariablen vorzunehmen. Wir betrachten also den Spezialfall, daß alle Gewichtungsfaktoren den Wert 1 annehmen.

4.1.1 Risikomaß zum Zweck der *kontinuierlichen Performanceüberwachung*

Bei der Bewertung eines bestehenden Projektes innerhalb eines Gesamtprogramms - mit dem zu bewertenden Projekt als Teil des Investitionsprogramms - kommt es darauf an, sowohl das Risiko der einzelnen Projekte als auch die Risikoverbundeffekte zwischen den Projekten korrekt zu erfassen. Das so bestimmte Risikomaß soll zudem additiv aggregiert werden können, d.h. die Summe der Risiken der einzelnen Projekte soll dem Risiko des Investitionsprogramms entsprechen.

Wie wir in Abschnitt 3 gesehen haben, ist die Varianz eines Projektes nicht geeignet zur korrekten Erfassung des Risikos eines einzelnen Projektes innerhalb eines Investitionsprogrammes. Wie man anhand der Formel (24) erkennen kann, liegt dies daran, daß die Risikoverbundeffekte, die durch die paarweisen Kovarianzen der Projekte untereinander quantifiziert werden, bei der Bildung der Summe der Risiken mehrerer Projekte eines Investitionsprogrammes mit berücksichtigt werden müssen. Bewertet man das Risiko eines einzelnen Projektes lediglich auf Basis der Varianz bzw. der Standardabweichung seines Barwertes, so bleibt unberücksichtigt, daß es Teil eines Investitionsprogrammes ist. Nur im Falle unkorrelierter Zufallsvariablen ist die Summe der Varianzen von Zufallsvariablen gleich der Varianz der Summe der Zufallsvariablen. Die Varianz ist also nur im Spezialfall unkorrelierter Zufallsvariablen ein additives Risikomaß. Sie ist deshalb nur als Maß für das Risiko des Investitionsprogramms der Unternehmung, nicht jedoch als Risikomaß für die einzelnen Investitionsprojekte bzw. Geschäftsbereiche geeignet.

Da die einzelnen Projekte im Hinblick auf ihren Risikobeitrag zum Programm bewertet werden sollen, liegt es nahe, als Risikomaß für ein einzelnes Projekt die Kovarianz desselben zum Programm zu verwenden.⁵² COPELAND und WESTON haben gezeigt, daß sich durch Umformung der Gleichung (24) die Varianz eines Portfolios auch darstellen läßt als die Summe der Kovarianzen der einzelnen Bestandteile des Portfolios zum Gesamtportfolio:⁵³

$$s_U = \sigma_U^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Cov_{i,j} = \sum_{i=1}^N Cov_{i,U} \quad (25)$$

Die Kovarianz eines Projektes zum Investitionsprogramm ($Cov_{i,U}$) mißt dabei den Anteil des Gesamtrisikos, der auf Projekt i entfällt, sofern Projekt i Bestandteil des Investitionsprogrammes ist. Wie man anhand der Summenvorschrift unschwer erkennen kann, setzt sich das Risiko des Investitionsprogramms - und nach unserem Verständnis damit auch das Risiko der Unternehmung - additiv aus den Kovarianzen der Projekte zum Programm zusammen. $Cov_{i,U}$ ist damit das geeignete Risikomaß für die Bewertung *bestehender* Projekte in Investitionsprogrammen. Es erfüllt die geforderte Eigenschaft der Additivität und eignet sich daher uneingeschränkt für die Durchführung von Controllingaufgaben im Rahmen der *kontinuierlichen Performanceüberwachung*.

⁵² Exakterweise müsste man hier von der Kovarianz des Barwertes des einzelnen Projektes mit dem Barwert des Gesamtprogrammes, dessen Teil es ist, sprechen.

⁵³ Vgl. [CoWe88, S. 201 f.]. COPELAND und WESTON führen dort den Beweis für die Berechnung der Varianz der erwarteten *Rendite* eines Portfolios. Wie bereits in Fußnote 51 erläutert, wird jedoch die Varianz einer Summe ungewichteter Zufallsvariablen betrachtet. Wir haben es also auch hier mit dem Spezialfall zu tun, daß alle Gewichtungsfaktoren den Wert 1 annehmen. Da der Beweis von COPELAND und WESTON allgemeingültig geführt wurde, gilt er auch für diesen Spezialfall.

Beispiel 2b: Für die Daten aus Beispiel 2a ergibt sich die Varianz des Investitionsprogramms als Summe der einzelnen Kovarianzen wie folgt:

$$\begin{aligned} s_U &= \sigma_U^2 = Cov_{1,U} + Cov_{2,U} + Cov_{3,U} \\ &= (20,25 + 15,12 + 2,79) + (15,12 + 64 + 5,92) + (2,79 + 5,92 + 4) \\ &= 38,16 + 85,04 + 12,71 = 135,91 \end{aligned}$$

Weil letztlich Gleichung (25) durch einfache Umformung aus Gleichung (24) hervorgeht, erhalten wir hier selbstverständlich dasselbe Gesamtrisiko der Unternehmung wie in Beispiel 2a. Das Beispiel verdeutlicht, daß es aus Gesamtunternehmungssicht wichtig ist, nicht nur das individuelle Projektrisiko zu berücksichtigen, sondern sämtliche Verbundeffekte in die Risikomessung einzubeziehen. So ist in diesem Beispiel dem Projekt 3 aus Sicht der Gesamtunternehmung mit 12,71 ein wesentlich höherer Risikobeitrag zuzuschreiben, als wenn lediglich die Varianz dieses Projektes ($\sigma_3^2 = 4$) berücksichtigt würde.

4.1.2 Risikomaß zum Zweck der *Ex ante-Entscheidungsunterstützung*

In diesem Abschnitt betrachten wir eine Entscheidungssituation, die dadurch gekennzeichnet ist, daß über die zusätzliche Aufnahme eines Projektes x in ein Investitionsprogramm zu entscheiden ist.⁵⁴ Diese Entscheidung kann nur dann positiv ausfallen, falls mit dem zusätzlichen Projekt ein Wertzuwachs für die Gesamtunternehmung erreicht werden kann, unter Berücksichtigung des mit diesem Projekt zusätzlich eingegangenen Risikos. Es ist also auch in diesem Fall der Risikobeitrag des Projektes aus Sicht der Gesamtunternehmung zu messen und zu bewerten.

Nach dem Verursachungsprinzip entspricht dann aus Sicht der Gesamtunternehmung der Risikobeitrag eines zusätzlichen Projektes (s_x) genau der mit diesem Projekt verursachten Veränderung des Risikos des gesamten Investitionsprogramms:

$$s_x = \sigma_{P(neu)}^2 - \sigma_{P(alt)}^2 \quad (26)$$

mit:

- $\sigma_{P(neu)}^2$ Varianz des erwarteten Barwertes des durch Hinzunahme von Projekt x zum existierenden Investitionsprogramm $P(alt)$ gebildeten Investitionsprogramm $P(neu)$.
- $\sigma_{P(alt)}^2$ Varianz des erwarteten Barwertes des Investitionsprogrammes $P(alt)$.
- s_x Beitrag des zusätzlichen Projektes x zum Risiko des Investitionsprogramms $P(neu)$.

In Anlehnung an Gleichung (24) kann das Risiko des neuen Investitionsprogramms wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{P(neu)}^2 = \sigma_{P(alt)}^2 + \sigma_x^2 + 2Cov_{x,P(alt)} \quad (27)$$

Falls man in dieser Entscheidungssituation lediglich die Varianz des erwarteten Barwertes des zusätzlichen Projektes x in die Risikoanalyse einbeziehen würde, so wäre die Risikoanalyse aus Sicht der Gesamtunternehmung insofern verfälscht, als dann die mit dem zusätzlichen Projekt entstehenden Korrelationswirkungen zum existierenden Investitionsprogramm - gemessen mit der $Cov_{x,P(alt)}$ - nicht berücksichtigt würden.

Damit ist für den Fall der Quantifizierung des Risikos eines Projektes zum Zweck der Entscheidungsunterstützung die Summe aus der Varianz des Projektes und der Kovarianz des

⁵⁴ Die folgende Argumentation läßt sich selbstverständlich analog auch auf den Fall der Herausnahme eines Projektes aus einem Investitionsprogramm übertragen.

Projektes zum existierenden Investitionsprogramm das korrekte Risikomaß, welches man durch einsetzen von (27) in (26) erhält:

$$s_x = \sigma_x^2 + 2Cov_{x,P(alt)} \quad (28)$$

Beispiel 2c: Bezogen auf die Ausgangsdaten von Beispiel 2a betrachten wir den Fall, daß die Realisierung der Projekte 1 und 2 bereits entschieden ist und die Aufnahme von Projekt 3 zur Debatte steht, wobei hier die dadurch verursachte Änderung der Varianz des Investitionsprogramms ermittelt werden soll:

$$s_3 = 4 + 2 \cdot 8,71 = 21,42$$

Die Varianz des erwarteten Barwertes des Investitionsprogramms wird sich also nach Aufnahme von Projekt 3 um 21,42 erhöhen.

$$s_{P(alt)} = \sigma_{P(alt)}^2 = 20,25 + 64 + 2 \cdot 15,12 = 114,49$$

$$s_U = \sigma_{P(neu)}^2 = \sigma_{P(alt)}^2 + s_3 = 114,49 + 4 + 2 \cdot 8,71 = 135,91$$

Dieses Beispiel illustriert auch, daß mit einer zunehmenden Anzahl von Einzelprojekten in einem Investitionsprogramm die Varianz der einzelnen Projektbarwerte (σ_i^2) bezogen auf die Risikoposition des gesamten Programms immer kleiner wird, während die Kovarianzen erheblich an Bedeutung gewinnen. Denn aus Gleichung (24) folgt, daß bei einer Anzahl von N Projekten für die Ermittlung des Gesamtrisikos N Varianzen der einzelnen Projektbarwerte und $N(N-1)$ Kovarianzen benötigt werden. Betrachtet man also die Risikoänderung eines sehr großen Investitionsprogramms, die sich durch die zusätzliche Aufnahme einer dazu verhältnismäßig kleinen Einzelinvestitionsmaßnahme ergibt, so haben auch FRANKE und HAX darauf hingewiesen, daß dann die Varianz des erwarteten Barwertes der Einzelinvestition *vernachlässigbar* gering wird, falls zwischen den Projekten stochastische Abhängigkeiten existieren.⁵⁵ Aus dieser Erkenntnis folgt, daß die Kovarianzen für die Risikoanalyse von vorrangiger (aber nicht ausschließlicher) Bedeutung sind. Eine in der Praxis häufig anzutreffende (vereinfachte) Risikoberücksichtigung allein auf der Basis von Varianzen der Projektbarwerte verfehlt damit nicht nur die mathematisch korrekte Risikoermittlung, sondern läßt vielmehr die wichtigsten Risikobestandteile aus Gesamtunternehmungssicht, nämlich die Kovarianzen der Projektbarwerte, außer acht.

4.1.3 Überführbarkeit der Risikomaße ineinander

Wie in den beiden Abschnitten 4.1.1 und 4.1.2 gezeigt wurde, ist sowohl für Controllingzwecke als auch zur Entscheidungsunterstützung die Kovarianz $Cov_{i,P}$ des aus dem zu bewertenden Projekt erwarteten Barwertes mit dem aus dem Investitionsprogramm erwarteten Barwert das geeignete Risikomaß bzw. hat einen wesentlichen Anteil am Risikobeitrag des betrachteten Projektes zu dem in Frage stehenden Investitionsprogramm. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß es sich in den beiden in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellten Fällen um verschiedene Kovarianzen handelt, da das jeweils zugrundeliegende Investitionsprogramm P unterschiedlich definiert ist.

In beiden Fällen wird die Kovarianz eines Projektes mit einem Investitionsprogramm betrachtet. Der Unterschied zwischen den Varianten besteht darin, daß in dem in Teilabschnitt 4.1.1 untersuchten Fall das betrachtete Projekt Element des Investitionsprogrammes ist, in dem in Abschnitt 4.1.2 untersuchten Fall jedoch nicht. Dennoch lassen sich die beiden Fälle

⁵⁵ Vgl. [FrHa94, S. 266 ff.].

ineinander überführen, da es möglich ist, die Varianz eines gegebenen Portfolios so zu zerlegen, daß sich entweder der in 4.1.1 oder der in 4.1.2 betrachtete Fall ergibt:⁵⁶

$$\sigma_U^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Cov_{i,j} = \sum_{i=1}^N Cov_{i,U} = \sigma_{P(alt)}^2 + \sigma_x^2 + 2Cov_{x,P(alt)} \quad (29)$$

4.2 Vorstellung der Bewertungsfunktion

4.2.1 Vereinbarkeit der Bewertungsfunktion mit dem Bernoulli-Prinzip

Um eine Bewertungsfunktion zu konstruieren, die aus voneinander separierten Ertrags- und Risikokomponenten besteht, liegt es nahe, auf das (μ, σ) -Prinzip zurückzugreifen. Aus der Entscheidungstheorie ist bekannt, daß eine auf dem (μ, σ) -Prinzip basierende Entscheidung unter Risiko dann als rational gilt, wenn die gewählte Form des (μ, σ) -Prinzips mit dem Bernoulli-Prinzip verträglich ist.⁵⁷

In (A5) wurden die erwarteten Barwerte z_i der Nettozahlungen der Projekte als normalverteilt angenommen. In (A7) wurde eine Nutzenfunktion der Entscheider der Form

$$u(x) = -\frac{1}{a} e^{-ax} \quad (30)$$

unterstellt. SCHNEEWEIß hat nachgewiesen, daß im Falle einer durch die Annahmen (A5) und (A7) gegebenen Konstellation nur ein Präferenzfunktional der nachfolgenden Form mit dem Bernoulli-Prinzip verträglich ist:⁵⁸

$$\phi(\mu, \sigma) = \mu - \frac{a}{2} \sigma^2 \quad (31)$$

Damit läßt sich eine mit dem Bernoulli-Prinzip verträgliche, auf dem (μ, σ) -Prinzip basierende Bewertungsfunktion zur Ermittlung des Wertes einzelner Projekte, einzelner Geschäftsbereiche oder der Gesamtunternehmung wie folgt definieren:

$$V_i = v(z_i, s_i) = z_i - \frac{a}{2} s_i \quad (32)$$

Als Risikomaß s_i sei für den Fall der Bewertung der Gesamtunternehmung die Varianz σ_U^2 des erwarteten Barwertes des gesamten Investitionsprogrammes der Unternehmung verwendet. Im Fall der Bewertung eines einzelnen Projektes sind mit s_i die in den Teilabschnitten 4.1.1 und 4.1.2 vorgestellten Risikomaße heranzuziehen.

4.2.2 Anwendung der Bewertungsfunktion zum Zweck der *kontinuierlichen Performanceüberwachung*

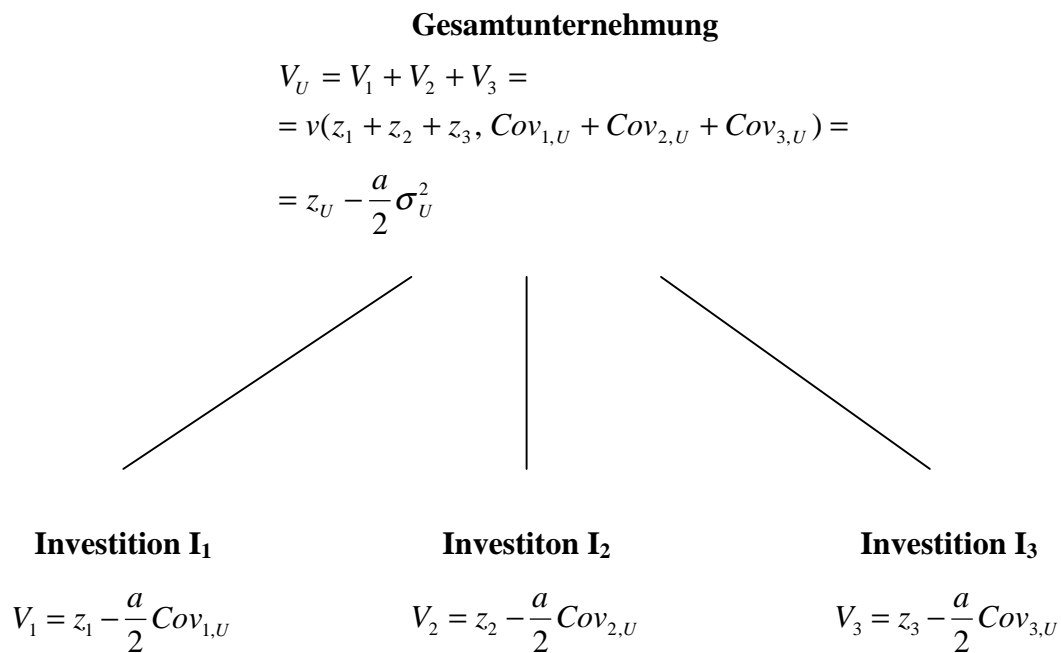
Bei der Bewertung bestehender Projekte im Rahmen hierarchischer Steuerungssysteme sind einzelne Projektwerte über mehrere Hierarchiestufen hinweg zu aggregieren. Aus diesem Grund ist die Bewertung auf Basis einer additiven Bewertungsfunktion wünschenswert. Die im vorigen Abschnitt vorgestellte Bewertungsfunktion ermöglicht eine solche hierarchische Aggregation von Projektwerten über mehrere Stufen hinweg.

⁵⁶ Ein Beweis der Gültigkeit von Formel (29) für ein Investitionsprogramm bestehend aus N Projekten findet sich in Anhang 2.

⁵⁷ Vgl. [Bitz81, S. 192].

⁵⁸ Vgl. [Schn67, S. 147 ff.].

Dies sei für den 3-Projekt-Fall zunächst graphisch veranschaulicht:



Beispiel 3a: Die Ausgangsdaten des Beispiels 2a ergänzen wir um den Risikoparameter a mit $a = 0,5$ und wollen nun die Wertbeiträge der einzelnen Investitionen ermitteln, die im Investitionsprogramm der Unternehmung zusammengefaßt sind.

$$V_1 = 113 - \frac{0,5}{2} 38,16 = 103,46$$

$$V_2 = 117 - \frac{0,5}{2} 85,04 = 95,74$$

$$V_3 = 100 - \frac{0,5}{2} 12,71 = 96,8225$$

Durch einfache Addition der drei Wertbeiträge erhalten wir den Wert des Investitionsprogrammes bzw. den Wert der Unternehmung:

$$V_U = V_1 + V_2 + V_3 = 103,46 + 95,74 + 96,8225 = 296,0225$$

Die gegebene Wertadditivität können wir dadurch prüfen, indem wir den Wert des Investitionsprogrammes auf aggregierter Ebene direkt ermitteln:

$$V_U = z_U - \frac{a}{2} \sigma_U^2 = 330 - \frac{0,5}{2} 135,91 = 296,0225$$

Die Eigenschaft der Additivität der in (32) vorgeschlagenen Bewertungsfunktion ergibt sich aus der Verwendung eines additiven Ertragsmaßes in Form eines erwarteten Barwertes, aus der Verwendung eines additiven Risikomaßes sowie der Verwendung einer Bewertungsfunktion mit voneinander separierter Ertrags- und Risikokomponente. Der Nachweis kann formal wie folgt geführt werden:

$$\begin{aligned}
 V_U &= v(z_U, s_U) = v(z_U, \sigma_U^2) = z_U - \frac{a}{2} \sigma_U^2 = \sum_{i=1}^N z_i - \frac{a}{2} \sum_{i=1}^N Cov_{i,U} = \\
 &= \sum_{i=1}^N z_i - \sum_{i=1}^N \frac{a}{2} Cov_{i,U} = \sum_i (z_i - \frac{a}{2} Cov_{i,U}) = \sum_{i=1}^N v(z_i, s_i) = \sum_{i=1}^N V_i
 \end{aligned} \tag{33}$$

4.2.3 Anwendung der Bewertungsfunktion zum Zweck der *Ex ante-Entscheidungsunterstützung*

Bei der Bewertung von Projekten zum Zweck der kontinuierlichen Performanceüberwachung ging es darum, anhand der aktuellen Ertrags-/Risikoposition eines bereits bestehenden, noch nicht abgeschlossenen Projektes festzustellen, ob es zum Zeitpunkt der Bewertung einen positiven oder negativen Wertbeitrag zur Gesamtunternehmung liefert. Bei der Bewertung eines Projektes zum Zweck der Entscheidungsunterstützung ist nun zu ermitteln, ob die Aufnahme des betrachteten zusätzlichen Projektes in das bestehende Investitionsprogramm den Wert der Unternehmung erhöht oder vermindert.

Das bestehende Investitionsprogramm, welches wieder mit $P(alt)$ bezeichnet sei, wird dabei auf Basis der Funktion (32) bewertet, wobei als Risikomaß die Varianz des aus dem Investitionsprogramm erwarteten Barwertes ($s_{P(alt)}$) verwendet wird. Der Risikobeitrag des neu hinzukommenden Projektes zu dem dadurch gebildeten Investitionsprogramm $P(neu)$ wird, wie wir in Teilabschnitt 4.1.2 gesehen haben, korrekt durch die Varianz des betrachteten neuen Projektes zuzüglich der Kovarianz des erwarteten Barwertes des neuen Projektes mit dem erwarteten Barwert des bestehenden Investitionsprogrammes $P(alt)$ bewertet.

Der Wert des existierenden Programmes vor Aufnahme des neuen Projektes läßt sich also berechnen als:

$$V_{P(alt)} = z_{P(alt)} - \frac{a}{2} \sigma_{P(alt)}^2 \tag{34}$$

Die Aufnahme eines weiteren Projektes x in das Investitionsprogramm lohnt sich dann, wenn dieses einen positiven Wertbeitrag liefert, d.h. wenn $V_x > 0$ ist, mit

$$V_x = z_x - \frac{a}{2} s_x = z_x - \frac{a}{2} (\sigma_x^2 + 2Cov_{x,P(alt)}). \tag{35}$$

Der Wert des neuen Investitionsprogrammes ergibt sich dann als Summe des Wertes des bestehenden Programmes $V_{P(alt)}$ und des Wertbeitrages des zusätzlichen Projektes V_x . Ist dieser positiv, dann ist auch $V_{P(neu)} > V_{P(alt)}$ und die Durchführung des Projektes lohnt sich.

Beispiel 3b: Analog zu Beispiel 2c wollen wir nun den zusätzlichen Wertbeitrag des Projektes 3 ermitteln:

$$V_3 = z_3 - \frac{a}{2} s_3 = 100 - \frac{0,5}{2} 21,42 = 94,645$$

Indem wir diesen Wertbeitrag dem Wert des Investitionsprogramms bestehend aus den beiden Projekten 1 und 2 hinzuaddieren, erhalten wir wieder den Wert des neuen Investitionsprogramms, den wir auch in Beispiel 3a bereits errechnet haben:

$$V_U = V_{(1+2)} + V_3 = \left(230 - \frac{0,5}{2} 114,49 \right) + 94,645 = 296,0225$$

Dieses Beispiel verdeutlicht ferner, daß Investitionsprojekte in Abhängigkeit des Bewertungszweckes (kontinuierliche Performanceüberwachung oder Ex ante-Entscheidungsunterstützung) unterschiedlich zu bewerten sind. So läßt sich hier der gegenüber Beispiel 3a geringere Wertbeitrag von Projekt 3 damit erklären, daß nun *sämtliche Risikokorrelationswirkungen* von Projekt 3 gegenüber dem existierenden Investitionsprogramm *ausschließlich diesem Projekt* zugeschrieben werden. Diese Vorgehensweise ist insofern gerechtfertigt, als bei einem gegebenen Investitionsprogramm ein zusätzliches Investitionsprojekt auch die veränderte Risikoposition der Unternehmung verursacht und deshalb auch zu verkräften hat.

4.2.4 Verwendung des Barwertes nach der Marktzinsmethode als marktorientierten Bewertungsmaßstab für Investitionsprojekte

Die in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellte wertadditive Bewertungsfunktion erfordert gemäß (A5) zunächst die Ermittlung des erwarteten Projektbarwertes, wobei die Diskontierung des Zahlungsstroms aufgrund der Separation von Ertrags- und Risikokomponente mit dem risikolosen Kalkulationszinsfuß zu erfolgen hat. Jedoch ist bisher die Frage nach einem geeigneten risikolosen Kalkulationszinsfuß unbeantwortet geblieben.

Eine wertorientierte Unternehmensführung hat sich an den Forderungen der Kapitalgeber zu orientieren. Weil sich diese Forderungen von den Anlagemöglichkeiten ableiten, welche sich den Investoren außerhalb des Unternehmens am Markt bieten, wird ein rational handelnder Kapitalgeber von der Unternehmung eine mindestens ebenso hohe Rendite fordern, wie er mit einem anderen vergleichbaren Investment erzielen könnte. Diese Renditeforderung, die für die Entscheidungsträger im Unternehmen eine Untergrenze darstellt, muß von den Investitionen erwirtschaftet werden. Insofern ist für eine kapitalmarktorientierte bzw. auf Kapitalgeber angewiesene Unternehmung ein *marktorientierter Bewertungsmaßstab*, der von den Renditeforderungen der Kapitalgeber ausgeht, unverzichtbar. Eine konsequente Marktorientierung bedeutet aber, daß der Kalkulationszinsfuß als Maß zur Auswahl vorteilhafter Investitionen exakt die Opportunität der Kapitalgeber widerspiegeln muß.

Die klassische Kapitalwertmethode, nach der alle Rückflüsse einer Investition mit einem einheitlichen Kalkulationszinsfuß abdiskontiert werden, ist nicht in der Lage, die Opportunität der Kapitalgeber, welche aufgrund des am Geld- und Kapitalmarkt real zu beobachtenden Marktzinsgefüges durch laufzeitabhängige Zinssätze charakterisiert ist, adäquat zu berücksichtigen. Diese fehlende Marktorientierung und damit die mögliche Vernachlässigung der Renditeforderung der Kapitalgeber steht in gravierendem Widerspruch zu dem eingangs angenommenen wertorientierten Zielsystem der Unternehmung und damit auch in Widerspruch zu dem Zielsystem der Anteilseigner. Um diesen Mangel entgegenzuwirken, empfehlen wir statt der klassischen Kapitalwertmethode die Anwendung des Marktzinsmodells der Investitionsrechnung (Marktzinsmethode)⁵⁹.

⁵⁹ Zur Anwendung der Marktzinsmethode in der industriellen Investitionsrechnung vgl. z.B. [AdSc⁺93], [AdSc⁺94], [HaGu94], [MaPf93], [KrRö94].

Um dem Anspruch eines marktorientierten Bewertungsmaßstabs gerecht werden zu können, greift die Marktzinsmethode auf zum Entscheidungszeitpunkt aktuelle Marktzinsen des Geld- und Kapitalmarktes zurück. Für die Bewertung eines Investitionszahlungsstroms bedeutet dies, daß nicht mit pauschalen Kalkulationszinsfüßen abdiskontiert, sondern den einzelnen Zahlungspositionen mit unterschiedlichen, fristenkongruenten⁶⁰ Kalkulationszinsfüßen Rechnung getragen wird. Die Vorteilhaftigkeit einer Investition wird anhand eines Finanzgeschäftes beurteilt, welches *alternativ* zur Durchführung der geplanten Investition realisiert werden könnte. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß nicht *das* Opportunitätsgeschäft existieren muß, sondern sich dieses aus mehreren Marktalternativen mit unterschiedlichen Laufzeiten zusammensetzen kann. Entscheidend dabei ist, daß der aus den Marktalternativen konstruierte Zahlungsstrom in den einzelnen Perioden dieselbe Kapitalbindung wie das zu bewertende Investitionsprojekt aufweisen muß. Setzt sich das Opportunitätsgeschäft aus mehreren Markttransaktionen zusammen, so sind die für die Barwertberechnung notwendigen Diskontierungsfaktoren mit finanzmathematischen Verfahren zu ermitteln, z.B. durch die Verwendung von - gegebenenfalls synthetischen - Zerobond-Abzinsfaktoren.⁶¹

Dabei wird für jede Fristigkeit (Zahlungsstromkomponente) ein laufzeitkongruenter synthetischer Zerobond konstruiert. Weil der Zahlungsstrom einer Investition sich durch einen Mix von Zerobonds mit unterschiedlichen Laufzeiten duplizieren läßt, kann man diesen Zahlungsstrom als eine Summe von einzelnen Zerobonds interpretieren. Mit Hilfe der Zerobond-Abzinsfaktoren ergibt sich der erwartete Barwert einer Investition nach der Marktzinsmethode (z_i^M) nun aus der Differenz zwischen der Anschaffungsauszahlung (\tilde{z}_0^i) und der Summe der mit den laufzeitkongruenten Zerobond-Abzinsfaktoren ($ZBAF_t$) abgezinsten Einzahlungsüberschüssen der Investition:

$$z_i^M = -\tilde{z}_0^i + \sum_{t=1}^T \tilde{z}_t^i \cdot ZBAF_t \quad (36)$$

Für den Einsatz von Zerobond-Abzinsfaktoren sprechen vor allem praktische Gründe: Einmal für eine bestimmte Zinsstrukturkurve ermittelt, stehen sie für sämtliche Bewertungsvorgänge der Finanz- und Investitionsplanung zur Verfügung. Die vom Finanzbereich (Treasury) errechneten Zerobond-Abzinsfaktoren könnten in unternehmensweiten Informations- und Kommunikationssystemen gespeichert werden und stünden damit sämtlichen Entscheidungsträgern für dezentral zu treffende Entscheidungen zur Verfügung. Dadurch wäre gewährleistet, daß unternehmensweit ein einheitlicher Bewertungsmaßstab Anwendung fände.

Weil sich der Bewertungsmaßstab der Marktzinsmethode konsequent an dem zum Entscheidungszeitpunkt gültigen Marktzinsgefüge orientiert und die Vorteilhaftigkeit einer Investition an zu diesem Zeitpunkt real verfügbaren Marktalternativen mißt, befindet sich die Unternehmung unter finanziellen Gesichtspunkten im genau gleichen Entscheidungsfeld wie die externen Kapitalgeber der Unternehmung am Geld- und Kapitalmarkt. Durch den Transfer der Marktkonditionen in die Unternehmung ist - zumindest vor der Berücksichtigung von Risiko - formell die Voraussetzung dafür geschaffen, daß gemäß der Entscheidungsregel der Kapitalgeber ausschließlich Investitionsvorhaben realisiert werden, welche mindestens die zum Entscheidungszeitpunkt gültige Marktrendite kapitalstrukturkongruenter Alternativenanlagen erwirtschaften können.

Das Bewertungskonzept der Marktzinsmethode klammert die Berücksichtigung von Risikoaspekten durch die Unterstellung sicherer Erwartungen bezüglich des Investitionszahlungs-

⁶⁰ Vgl. [ScRo87, S. 331].

⁶¹ Zur Berechnung von zinsstrukturkurvenspezifischen Zerobond-Abzinsfaktoren vgl. z.B. [ScWi96, S. 13 ff.].

stroms vollkommen aus. Für das Grundmodell der Marktzinsmethode ist diese Annahme insofern wesentlich, als bei Mehrdeutigkeit der Investitionszahlungsreihe eine eindeutige kapitalstrukturkongruente Opportunität nicht ermittelbar wäre. Um dennoch nicht auf die Vorzüge der Marktzinsmethode verzichten zu müssen, befürworten wir - wie in diesem Beitrag vorgestellt - die Separation von Ertrags- und Risikokomponente. Denn ein zunächst nach der Marktzinsmethode ermittelter erwarteter Barwert einer Investition, welcher dann in einem zweiten Rechenschritt gemäß der Bewertungsfunktion (32) um einen Risikoabschlag modifiziert wird, stellt eine pragmatische Erweiterung der Marktzinsmethode im Sinne der Shareholder Value-Zielsetzung der Unternehmung dar.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurden Bewertungsmethoden für Investitionen im Hinblick auf ihre Eignung als methodisch fachliche Basis von Entscheidungsunterstützungssystemen für eine integrierte Rendite-/Risikosteuerung der Industrieunternehmung untersucht. Die wesentlichen Ergebnisse seien hier thesenförmig zusammengefaßt:

- Eine Shareholder Value-orientierte Unternehmensführung impliziert zwingend die Berücksichtigung von Risiko bei sämtlichen unternehmerischen Entscheidungen.
- Für eine konsistente und transparente Rendite-/Risikosteuerung ist es erforderlich, einerseits strategische Zielvorgaben top-down in operative zu übertragen und andererseits einzelne Wert- und Risikobeiträge bottom-up zum Gesamtwert bzw. -risiko der Unternehmung aggregieren zu können. Dies wird als notwendige Anforderung an Informations- und Anwendungssysteme, die eine wertorientierte Entscheidungsunterstützung sinnvoll implementieren wollen, angesehen.
- Das Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich (KonTraG) verpflichtet den Vorstand einer Unternehmung, die *Gesamtrisikoposition* aller Geschäftsaktivitäten in Betracht zu ziehen und in einem Risikobericht zu dokumentieren. Traditionelle Shareholder Value-Methoden, welche das Risiko auf der Grundlage des CAPM bewerten, ermöglichen zwar die Aggregation und Disaggregation von Ziel- und Ergebnisgrößen, genügen aber insofern nicht den KonTraG-Anforderungen, als sie lediglich das systematische Risiko einer Investition und nicht deren Gesamtrisiko in die Bewertung mit einbeziehen. Damit scheidet β als Risikomaß aus.
- Werden die traditionellen Ansätze dahingehend modifiziert, daß anstelle des systematischen Risikomaßes (β) das Gesamtrisiko (σ) in die Bewertung einfließt, so sind die Ergebnisgrößen nicht mehr korrekt aggregierbar. Ferner wird der Risikobeitrag eines einzelnen Projektes zum Gesamtrisiko der Unternehmung nicht richtig berücksichtigt.
- Deshalb schlagen wir als Grundlage für eine integrierte Rendite-/Risikosteuerung der Industrieunternehmung eine Bewertungsfunktion vor, welche die Ertrags- und Risikokomponente voneinander separiert und als Risikomaß die Kovarianz des Projektes zum gesamten Investitionsprogramm zugrundelegt. Um die Anforderungen des Shareholder Value-Prinzips nach einem marktorientierten Bewertungsmaßstab weitestgehend zu erfüllen, empfehlen wir die Ermittlung der Projektbarwerte nach der Marktzinsmethode.
- Die in diesem Beitrag vorgestellte Bewertungsfunktion eignet sich sowohl für den Zweck der ex ante-Entscheidungsunterstützung als auch für eine kontinuierliche Performanceüberwachung, u.a. im Sinne des vom KonTraG geforderten Risikoberichtes.

Die in Abschnitt 2 formalisierten und in Abschnitt 4 präzisierten Eigenschaften von Bewertungsmethoden sowie die in Abschnitt 4 vorgestellte, diese Eigenschaften aufweisende Be-

wertungsfunktion können im Sinne von *best business practices* der wertorientierten Unternehmensführung als Referenzeigenschaften bzw. als Referenzfunktion angesehen werden. Diese sind notwendigerweise von Bewertungsmethoden zu erfüllen, welche als Basis für ein Fachkonzept wertorientierter Entscheidungsunterstützungssysteme dienen sollen. Die Vision dabei ist, jederzeit *auf Knopfdruck* den aktuellen Wertbeitrag einzelner Projekte, einzelner Geschäftsbereiche oder der Gesamtunternehmung mit Hilfe eines Informationssystems ermitteln sowie geplante Investitionsvorhaben hinsichtlich ihres Wertbeitrages bewerten zu können.

Eine entsprechende funktionale Erweiterung der in der Praxis weit verbreiteten Enterprise Resource Planning-Systeme, wie z.B. SAP R/3, die grundsätzlich über die notwendige integrierte Datenbasis für die Ermittlung von Rendite-/Risikokennzahlen auf allen Unternehmensebenen verfügen, könnte einerseits dazu helfen, die Akzeptanz barwertbasierter Steuerungskonzepte in der Praxis zu erhöhen und andererseits dazu beitragen, das Risikomanagement der Unternehmung gemäß den Anforderungen des KonTraG auf eine methodisch fundierte Basis zu stellen.

Anhang 1

$$V_i = -I_i + \frac{e_i}{1 + r_s + (r_M - r_s) \frac{\sigma_i}{\sigma_M}} = -I_i + \frac{e_i}{1 + r_s + (r_M - r_s) \frac{\sigma_{ei}}{\sigma_{eM}}} = -I_i + \frac{e_i}{1 + r_s + (r_M - r_s) \frac{\sigma_{ei}}{I_i \sigma_M}}$$

Berechnung der Standardabweichung bzw. der Varianz einer Summe von Zufallsvariablen. Fallunterscheidung im Hinblick auf alternative Höhen des Korrelationskoeffizienten:

Die Standardabweichung der Summe zweier Zufallsvariablen kann berechnet werden als:⁶²

$$\sigma_{(1+2)} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2k_{(1,2)}\sigma_1\sigma_2}$$

Für $k_{(1,2)} = 1$ gilt:

$$\sigma_{(1+2)} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2\sigma_1\sigma_2} = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2)^2} = \sigma_1 + \sigma_2$$

$$\sigma_{(1+2)}^2 = (\sigma_1 + \sigma_2)^2$$

Für $k_{(1,2)} = 0$ gilt:

$$\sigma_{(1+2)} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

$$\sigma_{(1+2)}^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$$

Für $k_{(1,2)} = -1$ gilt:

$$\sigma_{(1+2)} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\sigma_1\sigma_2} = \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2} = \sigma_1 - \sigma_2$$

$$\sigma_{(1+2)}^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2$$

⁶² Vgl. z.B. [BIGe⁺94, S. 49].

Anhang 2

Nachfolgend wird gezeigt, daß sich das Investitionsprogramm in zwei Teilprogramme zerlegen läßt und die Varianz des erwarteten Barwertes des Programmes gemäß Formel (29) berechnet werden kann. Dabei setzt sich das Teilprogramm $P(alt)$ aus den Projekten $i = 1, \dots, N - 1$ zusammen, während das zweite Teilprogramm ausschließlich aus dem Projekt N besteht:

$$\sigma_U^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Cov_{i,j} = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-1} Cov_{i,j} + \sum_{i=1}^{N-1} Cov_{i,N} + \sum_{j=1}^{N-1} Cov_{N,j} + \sigma_N^2 =$$
$$\sigma_{P(alt)}^2 + 2 \sum_{i=1}^{N-1} Cov_{i,N} + \sigma_N^2 = \sigma_{P(alt)}^2 + 2\sigma_{\sum_{i=1}^{N-1} i,N} + \sigma_N^2 = \sigma_{P(alt)}^2 + 2Cov_{P(alt),N} + \sigma_N^2$$

Literatur

- [AdSc⁹³] Adam, D./Schlüchtermann, J./Utzel, C.: Zur Eignung der Marktzinsmethode für Investitionsentscheidungen, in: ZfbF, 45 (1993), S. 3-18.
- [AdSc⁹⁴] Adam, D./Schlüchtermann, J./Hering, T.: Zur Verwendung marktorientierter Kalkulationszinsfüße in der Investitionsrechnung, in: ZfbF, 64 (1994), S. 115-119.
- [BaBa98] Bamberg, G./Baur, F.: Statistik, München/Wien 1998.
- [BaCo96] Bamberg, G./Coenenberg, A.G.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre, München 1996.
- [Böck86] Böcker, F.: Entscheider, Entscheidungssituation und Risikoaversion, in: ZfbF, 38 (1986), S. 979 - 994.
- [BeKe⁷⁰] Beaver, W./Kettler, P./Scholes, M.: The Association between Market-Determined Risk Measures and Accounting-Determined Risk Measures, in: Accountig Review, 45 (1970), S. 654ff.
- [Bisc94] Bischoff, J.: Das Shareholder Value-Konzept. Darstellung - Probleme - Handhabungsmöglichkeiten, Wiesbaden 1994.
- [Bitz81] Bitz, M.: Entscheidungstheorie, München 1981.
- [BlGe⁹⁴] Bley Müller, J./Gehlert, G./Gülicher, H.: Statistik für Wirtschaftswissenschaftler, München 1994.
- [BMJ97] Bundesministerium der Justiz, Entwurf eines Gesetzes zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich (KonTraG), Allgemeine Begründung, in: BMJ-Mitteilungen 56/97.
- [Buhl97] Best Practices vs. common practices bei der Softwareentwicklung, in: Wirtschaftsinformatik 39 (1997) 6, S. 639 - 640.
- [CoKo⁹⁸] Copeland, T./Koller, T./Murrin, J.: Unternehmenswert. Methoden und Strategien für eine wertorientierte Unternehmensführung, Frankfurt/ New York 1998.

- [CoSa88] Coenenberg, A. G./Sautter, M.T.: Strategische und finanzielle Bewertung von Unternehmensaquisitionen, in: DBW, 48 (1988) 6, S. 691-710.
- [CoWe88] Copeland, T.E./Weston, J.F.: Financial Theory and Corporate Policy, Reading (Massachusetts) u.a. 1988.
- [CoLy97] Coopers & Lybrand (Hrsg.): Wertorientierte Unternehmensführung, Frankfurt am Main 1997.
- [EnSc98] Englert, J./Scholich, M.: Unternehmensführung auf der Basis eines umfassenden Shaerholder Value-Management-Konzepts, in: Betriebs-Berater, (1998) 13, S. 684–689.
- [FrHa94] Franke, G./Hax, H.: Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt, Berlin u.a. 1994.
- [FuKe81] Fuller, R.J./Kerr, H.S.: Estimating Divisional Cost of Capital: An Analysis of the Pure-Play-Technique, in: The Journal of Finance, 29 (1981), S. 997ff.
- [GrKä⁺94] Grübel, O. / Kärki, J. / Reyes, C. (1994): Wirtschaftliche Rentabilitätsrechnung von Handelsaktivitäten, in: Schierenbeck, H. / Moser, H. (Hrsg.): Handbuch Bankcontrolling, S. 611 - 636, Wiesbaden 1994.
- [Habe97] Habermayer, W.: Das Shareholder-Value-Prinzip zur Unternehmenssteuerung, in: Österreichisches Bankarchiv, (1997) 7, S. 497-498.
- [Hach97] Hachmeister, D.: Der Cash Flow Return on Investment als Erfolgsgröße einer wertorientierten Unternehmensführung, in: ZfbF, 49 (1997) 6, S. 556-579.
- [HaGu94] Hartmann-Wendels, T./Gumm-Heußén, M.: Zur Diskussion um die Marktzinsmethode: Viel Lärm um Nichts?, in: ZfB 64 (1994) 10, S. 1285-1301.
- [Haka69] Hakansson, N. H.: On the dividend capitalization model under uncertainty, in: Journal of financial and quantitative analysis 4 (1969), S. 65 - 87.
- [HaMa88] Hax, A. C./Majluf, N. S.: Strategisches Management: Ein integratives Konzept aus dem MIT, Frankfurt a.M./New York 1988.
- [Jahn98] Jahn, T.: Wer schafft Wert?, in: Capital, (1998) 10, S. 38-66.
- [Kage00] Kagermann, H.: Strategische Unternehmensführung bei der SAP AG - Erfahrungen und Lösungen eines Software-Unternehmens, in: Wirtschaftsinformatik 42 (2000) 2, S. 113 - 122.
- [KaWa⁺92] Kaden, J./Wagner, W./Weber, T./Wenzel, K.: Kritische Überlegungen zur Discounted Cash Flow-Methode, in: ZfbF, 67 (1997) 4, S. 499-508.
- [Kilg65] Kilger, W.: Zur Kritik am internen Zinsfuß, in: ZfB, 35 (1965) 12, S. 765-798.
- [Krae98] Kraege, T.: Konzeption zur Gestaltung eines wertorientierten Entscheidungsunterstützungssystems, in: Wirtschaftsinformatik 40 (1998) 2, S. 95 - 104.
- [KrLü98] Kromschröder, K./Lück, W.: Grundsätze risikoorientierter Unternehmensüberwachung, in: Der Betrieb, 51 (1998) 32, S. 1573-1576.
- [KrRö94] Kruschwitz, L./Röhrs, M.: Debreu, Arrow und die marktzensorientierte Investitionsrechnung, in: ZfB 64 (1994) 5, S. 655-665.

- [KüHü97] Küting, K./Hütten, C.: Die Lageberichterstattung über Risiken der künftigen Entwicklung, in: Die Aktiengesellschaft, (1997) 6, S. 250-256.
- [KüLo97] Küting, K./Lorson, P.: Messung der Profitabilität strategischer Geschäftsfelder, in: Controlling, (1997) 1.
- [Lam95] Lam, J.C.: Integrated Risk Management, in: Jameson, R. (Hrsg.): Derivative Credit Risk - Advances in Measurement and Management, 1995, S. 141–155.
- [LeSt94] Lewis, Th./Stelter, D.: Steigerung des Unternehmenswertes, Landsberg am Lech 1994.
- [Leut88] Leuthier, R.: Das Interdependenzproblem bei der Unternehmensbewertung, Frankfurt a.M. 1988.
- [LiWa98] Lingemann, S./Wasmann, D.: Mehr Kontrolle und Transparenz im Aktienrecht: Das KonTraG tritt in Kraft, in: Betriebsberater, 53 (1998) 17, S. 853-862.
- [Lück98a] Lück, W.: Elemente eines Risikomanagementsystems, in: Der Betrieb, 51 (1998) 1/2, S. 8-14.
- [Lück98b] Lück, W.: Der Umgang mit unternehmerischen Risiken durch ein Risikomanagementsystem und durch ein Überwachungssystem, in: Der Betrieb, 51 (1998) 39, S. 1925-1930.
- [Mare95] Marent, C.: Branchenspezifische Referenzmodelle für betriebswirtschaftliche IV-Anwendungsbereiche, in: Wirtschaftsinformatik 37 (1995) 3, S. 303 - 313.
- [MaPf93] Marusev, A.W./Pfungsten, A.: Die Entstehung des Strukturbeitrages, in: Die Bank, (1993) 4, S. 223-228.
- [PeSt97] Perridon, L./Steiner, M.: Finanzwirtschaft der Unternehmung, München 1997.
- [Rapp97] Rappaport, A.: Creating Shareholder Value, New York u.a. 1997.
- [Sael76a] Saelzle, R.: Investitionsentscheidungen und Kapitalmarkttheorie, Wiesbaden 1976.
- [Sael76b] Saelzle, R.: Kapitalmarktreaktionen bei Investitionsentscheidungen, in: Die Unternehmung, Schweizerische Zeitschrift für Betriebswirtschaft, (1976) 1, S. 319 - 331.
- [ScNZ95] Scheer, A.W./Nüttgens, M./Zimmermann, V.: Rahmenkonzept für ein integriertes Geschäftsprozeßmanagement, in: Wirtschaftsinformatik 37 (1995) 5, S. 426 - 434.
- [ScRo87] Schierenbeck, H./Rolfes, B.: Zur Diskussion um das opportunitätsgerechte Effektivzinskonzept, in: Die Bank, 27 (1987), S. 328-335.
- [ScWi96] Schierenbeck, H./Wiedemann, A.: Marktwertrechnungen im Finanzcontrolling, Stuttgart 1996.
- [Schn67] Schneeweiß, H.: Entscheidungskriterien bei Risiko, Berlin u.a. 1967.
- [Schn92] Schneider, D.: Investition, Finanzierung und Besteuerung, Wiesbaden 1992.

- [Sinz00] Sinzig, W.: Strategische Unternehmensführung mit SAP SEM, in: Wirtschaftsinformatik 42 (2000) 2, S. 147 - 155.
- [StBa92] Steiner, M./Bauer, C.: Die fundamentale Analyse und Prognose des Marktrisikos deutscher Aktien, in: ZfbF, 44 (1992), S 347ff.
- [StBr98] Steiner, M./Bruns, C.: Wertpapiermanagement, Stuttgart 1998.
- [Ster74] Stern, J. M.: Earnings Per Share Don't Count, in: Financial Analysts Journal, 30 (1974) 4, S. 39-43 u. S. 67-75.
- [Stew90] Stewart, G. B.: The Quest for Value: A Guide for Senior Managers, New York 1990.
- [Stur86] Sturm, N.: Erfolgsbesteuerung und Risikobereitschaft bei unternehmerischen Langfristentscheidungen. ZfB, 56 (1986) 9, S. 805 - 826.