

855
00
567

WHU-Forschungspapier Nr. 50 / April 1998

**Investitionsbewertung
mit dem Realloptionsansatz**

Von Ulrich Hommel und Gunnar Pritsch

Wissenschaftliche Hochschule für Unternehmensführung (WHU)
Otto-Beisheim-Hochschule
Burgplatz 2
56179 Vallendar/Rhein

-
- ◆ Ulrich Hommel, A.M., Ph.D., ist Wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Internationale Unternehmensfinanzierung der WHU Koblenz.
 - ◆ Dipl.-Kfm. Gunnar Pritsch, M.B.A., ist Unternehmensberater im Bereich Financial Institutions bei McKinsey & Company, Inc. tätig.



* 692/98 *

Investitionsbewertung mit dem Realoptionsansatz¹

Von Ulrich Hommel und Gunnar Pritsch

Datum: 21. April 1998

Ulrich Hommel, A.M., Ph.D., ist Wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Internationale Unternehmensfinanzierung der WHU Koblenz. Forschungsschwerpunkte: Corporate Governance, Realoptionen und Risikomanagement. Adresse: WHU Koblenz, Burgplatz 2, D-56179 Vallendar, Tel.: (0261) 6509-252, Fax: (0261) 61753, e-mail: uhommel@whu-koblenz.de, WWW: <http://www.whu-koblenz.de/finance/uhome.htm>.

Dipl.-Kfm. Gunnar Pritsch, M.B.A., ist Unternehmensberater im Bereich Financial Institutions bei McKinsey & Company, Inc. tätig. Forschungsschwerpunkte: Risikomanagement, wertorientierte Unternehmensführung, Realoptionen und neoinstitutionale Finanzierungstheorie. Adresse: McKinsey&Company, Inc., Am Sandtorkai 77, 20457 Hamburg, Tel.:(040) 36121-206, Fax: (040) 36121-207, e-mail: Gunnar_Pritsch@mckinsey.com.

Investitionsbewertung mit dem Realloptionsansatz

Überblick

- Der Realloptionsansatz ermöglicht die marktorientierte Bewertung von unternehmerischer Flexibilität bei Investitionen unter Unsicherheit. Die Anwendung traditioneller Investitionsrechenverfahren führt demgegenüber zu einer systematischen Unterbewertung und birgt folglich die Gefahr der Kurzfristigkeit des unternehmerischen Handelns.
- Trotz seiner methodischen Vorzüge hat der Realloptionsansatz bisher in der Praxis kaum Verbreitung gefunden. Neben mangelndem Methodenverständnis liegt der Grund zumeist in der offenen Frage nach der Operationalisierbarkeit des Ansatzes. Ziel dieses Beitrages ist es daher, einen Leitfaden für die Implementierung dieses Verfahrens in der Praxis zu entwickeln.
- Zu diesem Zweck werden die einzelnen Schritte des Bewertungsprozesses sowohl aus theoretischer als auch praktischer Sicht vorgestellt. Dazu gehören die Identifikation der Realloptionsrechte, die Wahl der Bewertungsmethode, die Bestimmung der Bewertungsparameter und die Erfassung möglicher Interaktionseffekte zwischen verschiedenen Realloptionen. Anhand eines Beispiels wird die Vorgehensweise verdeutlicht.

A. Einführung

Zur Bewertung von Investitionsprojekten wird in der Praxis eine Vielzahl verschiedener Investitionsrechenverfahren benutzt, wobei sich vor allem die Kapitalwertmethode („Discounted Cash Flow“-(DCF)-Methode bzw. „Net Present Value“-(NPV)-Regel) durchgesetzt hat.² Bereits Anfang der 80er Jahre wurde festgestellt, daß diese traditionellen Verfahren den strategischen Wert einer Investition oftmals systematisch unterbewerten.³ Dies hängt ursächlich damit zusammen, daß das Management häufig über ausreichende Entscheidungsflexibilität verfügt, um die unternehmerische Handlungsstrategie nach dem Eintritt unvorhergesehener Umweltzustände anzupassen. Negative Einflüsse auf den Wert eines Projekts können damit abgefedert und sich neu bietende Gewinnpotentiale besser ausgeschöpft werden. Umgekehrt gilt, daß die mangelnde Berücksichtigung der Entscheidungsflexibilität zwangsläufig zu einer Kurzfristigkeit des unternehmerischen Handelns führt.

Derartige Entscheidungsflexibilitäten stellen Optionsrechte für das Management dar, die prinzipiell analog zu Finanzoptionen zu bewerten sind. Aus dieser Erkenntnis entwickelte sich in der Literatur der Realloptionsansatz als neues Verfahren zur Bewertung von Investitionsprojekten. Trotz seiner theoretischen Relevanz in vielen realen Entscheidungssituationen hat sich dieser Ansatz in der Praxis noch nicht durchgesetzt.⁴ Dies liegt an dem mangelnden Methodenverständnis sowie an der schwierigen Operationalisierbarkeit dieser Bewertungsmethode. Ziel dieses Beitrages ist es daher, die Grundgedanken dieser Methode darzustellen und Anregungen für deren Implementierung in der Praxis sowie deren Nutzung im Rahmen eines aktiven Shareholder-Value-Managements zu geben.

Der Aufbau der Abhandlung entspricht dem Vorgehen in der Bewertungspraxis und ist schematisch in *Abbildung 1* dargestellt. Abschnitt B charakterisiert die konstituierenden Merkmale einer Realoption sowie die Analogie zwischen Finanz- und Realoptionen. Hierauf aufbauend werden die verschiedenen Realoptionstypen im Überblick vorgestellt und ihre Relevanz für die unternehmerische Praxis diskutiert. Die alternativen Bewertungsverfahren werden in Abschnitt C vorgestellt. Hinweise für die Operationalisierbarkeit des Realloptionsansatzes werden in den Abschnitten D und E gegeben: Abschnitt D analysiert, wie die notwendigen Inputparameter für die Optionsbewertung gewonnen werden können; Abschnitt E diskutiert die Konsequenzen von in der Praxis häufig vorkommenden Interaktionen zwischen einzelnen Realoptionen. Anhand eines Anwendungsbeispiels wird die Methode abschließend noch einmal veranschaulicht.

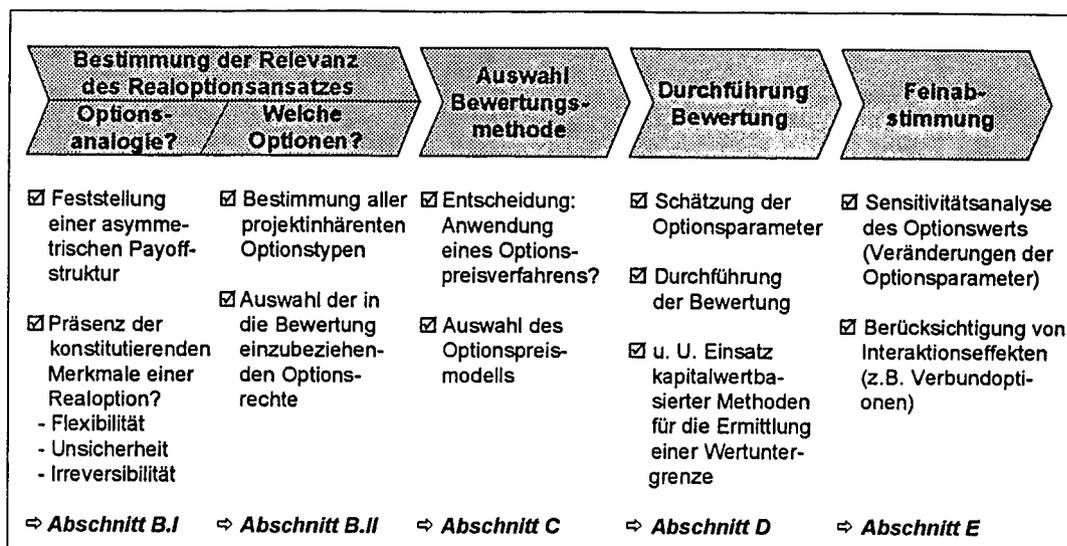


Abb. 1: Einzelschritte der Bewertung mit dem Realloptionsansatz

Zur Orientierungshilfe des Lesers sei darauf hingewiesen, daß neben der Prozesssichtweise ein zweiter, inhaltlicher Gliederungsschnitt „vom Allgemeinen zum Speziellen“ existiert: Abschnitt B analysiert *einzelne* Realloptionen näher. Dazu werden zunächst allgemein Realloptionen von Finanzoptionen abgegrenzt und dann die Besonderheiten verschiedener Realloptionstypen diskutiert. Anschließend wird gezeigt, mit welchen Methoden einzelne Realloptionen zu bewerten sind. In Abschnitt F wird schließlich die isolierte Sichtweise einer Option aufgegeben und die Veränderung bei der Bewertung *multipler* und *interagierender* Realloptionen dargestellt. Das Beispiel in Abschnitt F veranschaulicht sowohl die Bewertung einer einzelnen Realloptionen als auch die Bedeutung von Interaktionseffekten.

B. Bestimmung der Relevanz des Realloptionsansatzes

Unter einer Realloption versteht man zukünftige Handlungsspielräume und Investitionsmöglichkeiten eines Unternehmens in Verbindung mit der Fähigkeit des Managements, operative Entscheidungen an veränderte Umweltbedingungen anzupassen. Realloptionen stellen demnach ein Bündel von Handlungsoptionen in bezug auf die Verwendung und Nutzung realer Aktiva dar.⁵ Der Vergleich realer Investitionsprojekte mit einer Finanzoption baut im wesentlichen auf der Erkenntnis auf, daß die Struktur der mit dem Projekt verbundenen Zahlungsströme denen einer Finanzoption gleicht.

I. Anwendbarkeit der Optionsanalogie

Finanzoptionen weisen drei konstitutive Eigenschaften auf: Flexibilität, Unsicherheit und Irreversibilität.⁶ Der Inhaber einer Finanzoption hat das Recht, nicht aber die Verpflichtung (Flexibilität), einen bestimmten Vermögensgegenstand zu erwerben, falls dies nach

Kenntnis eines zunächst nicht genau vorhersagbaren Umweltzustandes (Unsicherheit) für ihn optimal ist. Die Ausübung dieses Rechts verursacht für den Optionshalter versunkene Kosten (Irreversibilität). Diese drei Merkmale beschreiben jedoch auch typische reale Investitionsprojekte.

Zur Veranschaulichung stelle man sich die Exploration einer Goldmine vor. Die Investitionsausgaben zur Erschließung der Mine stellen, unabhängig vom Explorationserfolg, irreversible versunkene Kosten dar. Die zukünftigen Einzahlungsströme variieren mit dem Goldpreis und den zumindest teilweise unvorhersagbaren Explorationskosten und sind daher unsicher. Das Management ist aber nicht gezwungen, die Mine nach einem zu Beginn festgelegten Explorationsplan auszubeuten. Sinkt der Goldpreis kurzfristig unter die variablen Kosten, so kann die Mine stillgelegt und bei Erholung des Goldmarkts wieder eröffnet werden. Diese Handlungsfähigkeit des Managements führt, ebenso wie bei einer Finanzoption, zu einer asymmetrischen Struktur der Cash Flows: Bei günstigen Bedingungen sind die Auszahlungen (aus theoretischer Sicht) unbegrenzt positiv, bei schlechten Umweltzuständen jedoch auf ein Minimum begrenzt (in unserem Beispiel etwa die zur Erhaltung der Produktionsfähigkeit anfallenden Fixkosten):

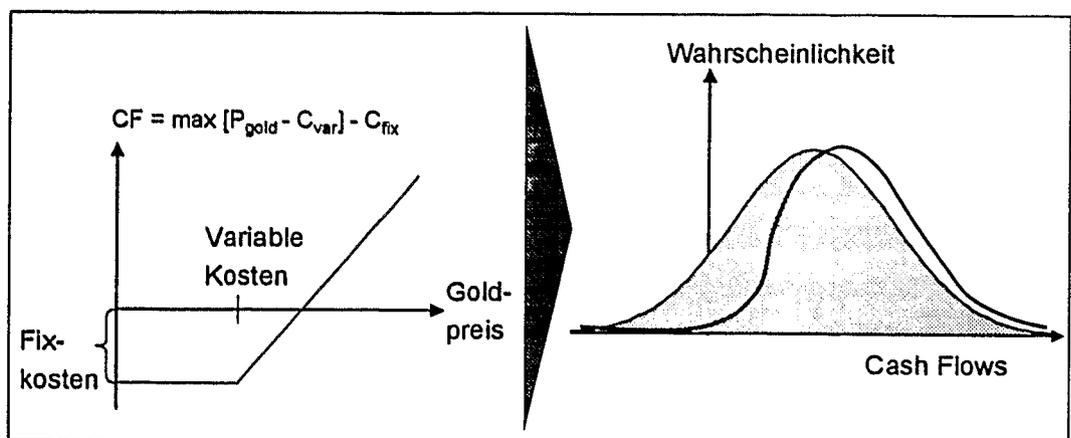


Abb. 2: Asymmetrische Cash-Flow-Verteilung

Die zentrale Bedeutung dieses Analogieschlusses liegt in der Aussage, daß die Investitionsbewertung mit Optionspreismodellen erfolgen kann, wenn die Strukturen der Cash Flows denen von Finanzoptionen gleichen. Anhand einer Kaufoption wird in *Abbildung 3* veranschaulicht, wie sich die einzelnen Bewertungsparameter einer Option interpretieren lassen.

Optionsparameter Kaufoption auf eine Aktie		Realloption
Art des Optionsrechtes	<ul style="list-style-type: none"> • Recht, die zugrundeliegende Aktie gegen Zahlung der Optionsprämie zu erwerben 	<ul style="list-style-type: none"> • Recht, das aus der Investition resultierende Bündel von Cash Flows gegen Zahlung der Investitionssumme zu erwerben
S	<ul style="list-style-type: none"> • Gegenwärtiger Preis der Aktie 	<ul style="list-style-type: none"> • Bruttoarwert der erwarteten Einzahlungsüberschüsse aus dem Investitionsprojekt
X	<ul style="list-style-type: none"> • Basispreis 	<ul style="list-style-type: none"> • Investitionskosten
T	<ul style="list-style-type: none"> • Laufzeit der Option 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitspanne, bis Investitionsmöglichkeit verfällt
σ	<ul style="list-style-type: none"> • Unsicherheit des Aktienpreis 	<ul style="list-style-type: none"> • Unsicherheit in Bezug auf den Kapitalwert des Investitionsprojektes
r_f	<ul style="list-style-type: none"> • Zinssatz für risikolose Anlage 	<ul style="list-style-type: none"> • Zinssatz für risikolose Anlage
d	<ul style="list-style-type: none"> • Dividende 	<ul style="list-style-type: none"> • Cash Flow, den das Projekt bei Durchführung der Investition generieren würde; Wertverlust im Zeitablauf, z.B. durch den Eintritt von Wettbewerbern; Renditeausfall, z. B. der "Convenience Yield" bei natürlichen Ressourcen

Quelle: Trigeorgis (1988, S. 149), Leslie/Michaels (1997, S. 9) u. eigene Ergänzungen

Abb. 3: Interpretation der Optionsparameter

Der Analogie zwischen Finanz- und Realloptionen sind jedoch auch Grenzen gesetzt.⁷ Die gängigen, auf Arbitrage-Überlegungen basierenden Optionspreismodelle gehen von der Existenz eines gehandelten Basisinstrumentes (bzw. eines gehandelten „Twin Security“ mit identischer Payoff-Struktur) aus. Im Falle einer Realloption wird dieses aber oft erst durch die Investition, d.h. die Optionsausübung, geschaffen. Die Volatilität des Basisinstrumentes stellt dann eine nicht beobachtbare, stochastische Größe dar, dessen Wertentwicklung nur intuitiv approximierbar ist. Im Gegensatz zu Finanzoptionen kann der Ausübungspreis einer Realloption zudem endogen sein, wenn Kapitalintensität und Investitionsvolumen von der Unternehmensleitung variiert werden können. Des weiteren zeichnen sich Realloptionen im allgemeinen durch nicht exakt vorgegebene Laufzeiten aus, die z.B. durch das Investitionsverhalten der Wettbewerber und technologische Entwicklungen beeinflusst werden.

Derartigen Limitationen kann nur zum Teil durch die Anwendung anspruchsvollerer Optionspreismodelle begegnet werden. So kann etwa die Endogenität des Ausübungspreises mit Methoden der dynamischen Programmierung abgebildet werden. Es bleibt jedoch festzuhalten, daß die Qualität des Bewertungsergebnisses weniger durch den Grad der Erfüllung der Analogieprämissen, als vielmehr durch die in die Bewertung einfließenden ökonomischen Annahmen bestimmt wird.

II. Identifizierung der Realloptionsrechte

Erster Schritt in der Bewertung ist die Identifizierung aller projekthinärenten Optionsrechte sowie die Auswahl der zu berücksichtigenden Optionen. Aus der Sicht des Praktikers ist es sinnvoll, die Realloptionsarten hinsichtlich des zugrundeliegenden ökonomischen Investi-

tionsmotivs zu klassifizieren. *Lernoptionen* ermöglichen dem Unternehmen, die Bindung finanzieller Ressourcen von der Veränderung der Rahmenbedingungen abhängig zu machen. Der Optionswert leitet sich aus der Flexibilität aus, auf neue Informationen warten zu können und Investitions- und Desinvestitionsentscheidungen von der Realisation bestimmter Unsicherheitsfaktoren abhängig zu machen. Ein Pharmaunternehmen kann z.B. ein Projekt abbrechen und so die Durchführung weiterer nicht lohnender Investitionen verhindern, falls sich die Ergebnisse aus den klinischen Tests oder die Marktentwicklung während des Projektes als schlechter als erwartet herausstellen.

Wachstumsoptionen eröffnen Möglichkeiten zur Erhaltung und Verbesserung der unternehmerischen Wettbewerbsposition. Der Wert mancher Investitionen wird weniger durch die unmittelbar zu erzielenden Cash Flows als vielmehr durch die Schaffung zukünftiger Gewinnmöglichkeiten bestimmt. Der Optionswert leitet sich aus der ex-ante-Flexibilität ab, neue Gewinnpotentiale mit Folgeinvestitionen auszuschöpfen. Die Firma Intel hat sich beispielsweise durch seine Investition in die erste Chip-Generation eine Wachstumsplattform geschaffen, die die Entwicklung und Vermarktung zukünftiger Chip-Generationen ermöglicht hat.

Versicherungsoptionen ermöglichen dem Management, auf ungünstige Marktentwicklungen mit operativen Anpassungen zu reagieren und damit die Volatilität zukünftiger Zahlungsströme zu reduzieren. Sie dienen daher dem unternehmerischen Risikomanagement. Der Optionswert leitet sich aus der Flexibilität ab, die Produktionsintensität zu variieren, zwischen alternativen Technologien oder Produkten zu wechseln, ein Investitionsprojekt nach Fertigstellung temporär/permanent stillzulegen oder vor Fertigstellung abzubrechen. *Abbildung 4* gibt einen Überblick über Einsatzmöglichkeiten von Realloptionen.⁸

In der Literatur wird üblicherweise zwischen den folgenden sechs Realloptionstypen unterschieden:⁹ „*Option to Wait*“ (Aufschub- bzw. Verzögerungsoption), „*Option to Stage Investment*“ (Option, die Investitionsdurchführung abzubrechen), „*Option to Abandon/Shut Down*“ (Abbruchoption/Schließungs- und Wiedereröffnungsoption), „*Option to Alter Scale*“ (Erweiterungs- bzw. Einschränkungsoption), „*Switching Option*“ (Umstellungsoption) und „*Option to Innovate*“ (Innovationsoption).

Bei einer „*Option to Wait*“ hat das Unternehmen die Möglichkeit, mit der Durchführung einer Investition zu warten und diese von der Realisation einer bestimmten Zufallsgröße (z.B. der Eintrittsentscheidung eines Wettbewerbers) abhängig zu machen. Der Optionsinhaber kann gegen Zahlung der Investitionssumme I den Bruttobarwert \tilde{V} der mit der Investition verbundenen Zahlungsströme zu erwerben. Bei Fälligkeit wird die Option ausgeübt,

sofern der innere Wert positiv ist ($\max [\tilde{V} - I, 0] > 0$). Die frühzeitige Ausübung der Investitionsoption ist dann optimal, wenn die aus dem Verzicht auf die potentiellen Zahlungsströme und möglichen Marktanteilsverlusten resultierenden Opportunitätskosten die Kosten aus dem Verfall der Option übersteigen.¹⁰

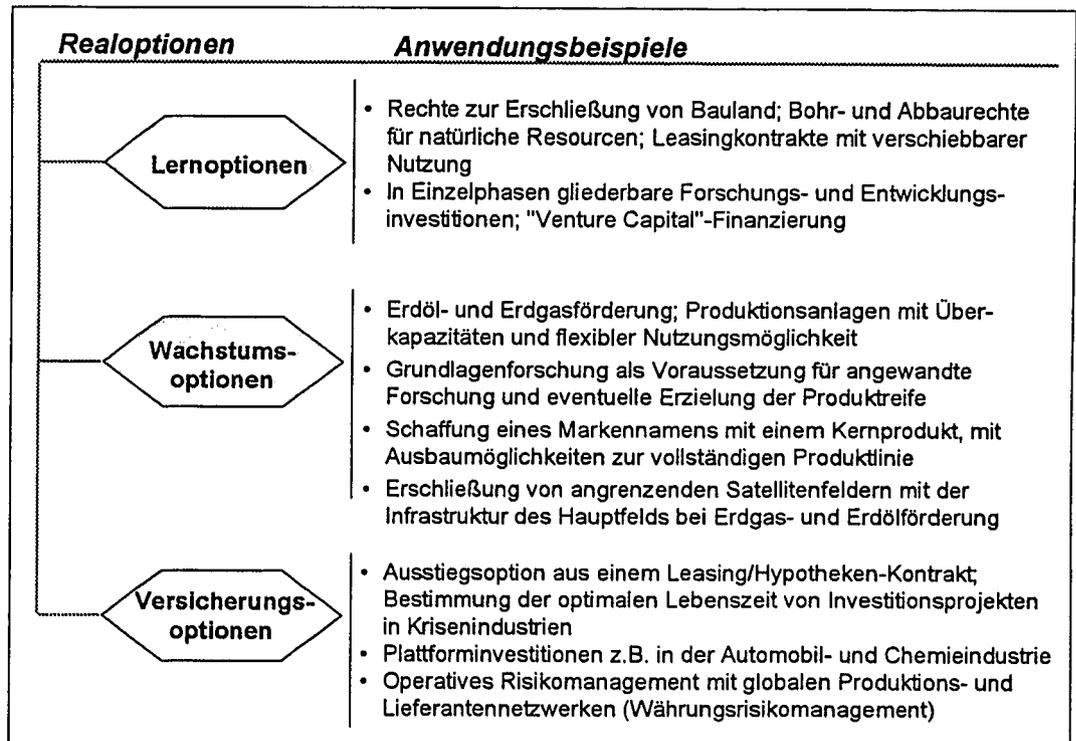


Abb. 4: Anwendungsmöglichkeiten von Realoptionen

Eine „Option to Stage Investment“ ermöglicht dem Management, ein Investitionsprojekt in verschiedene Phasen zu zerlegen und die Entscheidung zur Folgeinvestition vom Eintreten günstiger Umweltzustände abhängig zu machen. Sollten sich Gewinnprognosen verschlechtern, können weitere, nunmehr nicht profitable Investitionen verhindert werden. Jede Teilinvestition kann als amerikanische Kaufoption auf das Bündel von zukünftigen Teilinvestitionen interpretiert werden, die wiederum Kaufoptionen darstellen.¹¹ Es handelt sich daher um Verbundoptionen („Compound Options“). Der Payoff einer Teilinvestition I_i entspricht $\max [\tilde{V} - I_i, 0]$, wobei \tilde{V} als Fortsetzungswert inklusive der weiteren Optionen zu interpretieren ist.

Mit einer „Option to Abandon“ hat das Management die Möglichkeit, ein Investitionsprojekt vor Ablauf der spezifizierten Lebensdauer zu beenden und die zugehörigen Aktiva gegen ihren Restwert A einzutauschen.¹² Eine derartige Realoption kann analog zu einer amerikanischen Verkaufsoption auf den gegenwärtigen Kapitalwert \tilde{V} des Projektes interpretiert werden. Der innere Wert dieser Option beträgt $\max [A - \tilde{V}; 0]$. Im Gegensatz dazu gibt das Management bei einer „Option to Shut Down“ die Produktionsmöglichkeit nicht

gänzlich auf.¹³ Diese Realoption kann analog zu einer Kaufoption interpretiert werden, die dem Management das Recht gibt, gegen Zahlung der variablen Kosten c_v , den operativen Zahlungsstroms CF einer Periode zu erwerben. Das Unternehmen erhält eine Auszahlung in Höhe von $\max [CF - c_v; 0]$.

Die „*Option to Expand*“ gibt dem Management die Flexibilität, die Produktionskapazitäten gegen Zahlung einer Investitionssumme I um $\delta\%$ zu erweitern.¹⁴ Es handelt sich hierbei um eine amerikanische Kaufoption auf die Cash Flows \tilde{V}_0 des zugrundeliegenden Investitionsprojektes, dessen Wert bei Ausübung bzw. Fälligkeit $\max [\delta\tilde{V}_0 - I; 0]$ beträgt. Vollkommen analog kann die „*Option to Contract*“ bewertet werden: Wenn ein Projekt um $\gamma\%$ reduziert werden kann und sich dadurch die Investitionssumme um I_C verringert, so entspricht der Wert dieser Verkaufsoption bei Ausübung $\max [I_C - \gamma\tilde{V}_0; 0]$.

Bei einer „*Switching Option*“ handelt es sich um ein Portfolio aus Kauf- und Verkaufsoption.¹⁵ Das Unternehmen besitzt eine „*Option to Abandon/Shut down*“ auf die bestehende Aktivität und eine „*Option to Expand*“ auf eine andere Handlungsalternative. Die dabei anfallenden Transaktionskosten können als der Ausübungspreis interpretiert werden.

„*Options to Innovate*“ entstehen durch Investitionsprojekte, deren Wert weniger auf den unmittelbar generierten Zahlungsströmen als vielmehr auf der Erzeugung weiterer, lohnender Investitionsmöglichkeiten beruht. Dabei handelt es sich um konzeptionell neuartige Projekte, die nur mit Hilfe des Know-Hows aus dem vorangestellten Projekt umgesetzt werden können. „*Options to Innovate*“ sind im Regelfall amerikanische Kaufoptionen.¹⁶

Da das Unternehmen im Regelfall als Optionshalter fungiert, führt die Berücksichtigung realwirtschaftlicher Entscheidungsflexibilitäten zu einer Erhöhung des geschätzten Projektwerts. Es sind jedoch auch Situationen denkbar, bei denen das Unternehmen eine Stillhalterposition übernimmt (z.B. bei der Gewährung von Optionsrechten in Leasingverträgen) und damit der Projektwert negativ beeinflusst wird.

C. Auswahl des Bewertungsverfahrens

Entspricht ein Investitionsprojekt von seinem Charakter her einer der beschriebenen Realoptionen, so stellt sich die Frage, welches Verfahren zur Bewertung herangezogen werden kann. Trigeorgis (1988, S. 148) beschreibt den Gesamtwert eines Projektes als die Summe aus dem statischen Kapitalwert und dem Wert der unternehmerischen Entscheidungsflexibilität. Diese Darstellung verleitet zu der falschen Schlussfolgerung, daß die Realoptionsbewertung lediglich einen zusätzlichen Schritt neben der traditionellen NPV-Analyse dar-

stellt. Der Wert einer Realoption schließt jedoch auch den statischen NPV mit ein, so daß ein brauchbares Bewertungsmodell den Projektwert in seiner Gesamtheit richtig abbilden muß. *Abbildung 5* verdeutlicht, daß hierbei Optionspreismodelle zumindest aus theoretischer Sicht überlegen sind.

METHODEN KRITERIEN	NPV	Sensitivitäts- analyse (mit NPV)	Monte-Carlo- Simulation (mit NPV)	Entscheidungs- baumanalyse (mit NPV)	Options- preis- modelle
(a) Unsicherheit					
(b) Flexibilität					
(c) Irreversibilität					
(d) Marktwertorien- tierung					

Erfüllt Kriterium Erfüllt Kriterium nicht

Abb. 5: Auswahl des Bewertungsverfahrens

Die *statische Kapitalwertmethode* (NPV)¹⁷ geht von einem bestimmten *Erwartungswertzenario* aus und legt das Management zu Beginn des Planungshorizonts auf eine Handlungsstrategie fest. Die Flexibilität des Managements und mögliche Veränderungen des Projektrisikos finden daher keine Berücksichtigung. Mit Hilfe der *Sensitivitätsanalyse*¹⁸ kann der kausale Zusammenhang zwischen den Veränderungen einzelner Werttreiber und dem NPV ermittelt werden. Ferner kann die Maximalschwankung eines Parameters bestimmt werden, ab der die Vorteilhaftigkeit eines Projekts in Frage zu stellen ist. Diese Methode versagt jedoch, wenn mehrere Werttreiber stochastischen Einflüssen unterliegen und zudem in ihrer Wirkung auf den Kapitalwert interagieren (Nicht-Additivität).

Im Gegensatz dazu ermöglichen *Monte-Carlo-Simulationen*, die Interaktion verschiedener stochastischer Werttreiber im Rahmen eines statistischen Modells explizit abzubilden. Dazu werden die Werttreiber des Cash Flow Modells mit einer Wahrscheinlichkeitsfunktion unterlegt (unter Berücksichtigung möglicher Korrelationen). Entscheidungskriterium ist, neben dem Erwartungswert der abdiskontierten Zahlungsströme, die Wahrscheinlichkeitsverteilung des NPV als Risikomaß. Die Wahl des Diskontierungssatzes stellt sich als besonders problematisch dar: Die Verwendung des risikoadjustierten Kapitalkostensatzes ist nicht sinnvoll, da damit eine doppelte Wertkorrektur für die explizit erfaßten Unsicherheitsfaktoren verbunden ist. Mit dem häufig in der Praxis verwendeten risikolosen Zinssatz verbindet sich demgegenüber die inkorrekte Annahme, daß sich alle Unsicher-

heiten während des Planungshorizonts auflösen. Daraus folgt, daß das Verfahren nur begrenzt Aussagen über den ökonomischen Wert des Projektes zuläßt und daher keine unmittelbare Entscheidungsregel vorgibt.¹⁹ Die explizite Charakterisierung der verschiedenen Parameterinterdependenzen stellt sich in der Bewertungspraxis zudem als eine schwer faßbare Aufgabe dar.

Bei der *dynamischen Kapitalwertmethode*²⁰ werden unternehmerische Flexibilitäten und Unsicherheiten in Entscheidungs- und Ereignisbäumen abgebildet, die dann rekursiv gelöst werden. Insofern verbindet diese Methode das statische Äquivalent mit den Grundsätzen der dynamischen Programmierung. Der Zwang zur expliziten Formulierung des Entscheidungsproblems ist zum einen ein erheblicher Vorteil der Methode, weil damit ein besseres Verständnis für die Werttreiber und den Nutzen der Entscheidungsflexibilität entwickelt wird. Zum anderen steht der Anwender nun vor der nur schwer lösbaren Aufgabe, für jeden Entscheidungsknoten des Baums den korrekten Kapitalkostensatz zu identifizieren.²¹ Eine Anpassung ist dann erforderlich, wenn sich das systematische (nicht-diversifizierbare) Risiko eines Projektes objektiv verändert. Wird ein einheitlicher Kapitalkostensatz benutzt, dann ist die Marktwertorientierung nicht mehr gewährleistet. Entscheidungsbäume werden darüber hinaus mit steigender Zahl der Verästelungen schnell unübersichtlich.

Die Nutzung von *Optionspreismodellen*²² führt beim Einsatz korrekter Inputparameter zu einer exakten Bestimmung des theoretischen Marktwerts und berücksichtigt sowohl Unsicherheit als auch Flexibilität explizit. Anders als bei der dynamischen Kapitalwertmethode werden die Probleme bei der Wahl des Kapitalkostensatzes durch die Anwendung der *risikoneutralen Bewertung*²³ umgangen. Ausgangspunkt ist eine Annahme über die Wertveränderung des zugrundeliegenden Projektwertes (genauer: den zugehörigen stochastischen Prozeß) sowie die Existenz eines perfekt korrelierten Portfolios aus beliebigen Vermögensgegenständen. Durch Kombination einer bestimmten Menge des Korrelationsportfolios mit dem zu bewertenden Projekt läßt sich ein konstruieren, welches unabhängig von der Realisation der unsicheren Preise der einzelnen Komponenten einen konstanten Wert in der Zukunft einnimmt. Da dieser Wert sicher ist, kann der Barwert des Portfolios und damit auch der Wert des Projektes (der Realoption) durch Diskontierung mit dem risikofreien Zins ermittelt werden. Aufgrund der risikolosen Konstruktion dieses Portfolios spricht man auch von einem „Hedge-Portfolio“. Trotz der theoretischen Überlegenheit der Methode ergeben sich in der Praxis erhebliche Probleme bei der Operationalisierbarkeit. Die erste Umsetzungshürde ist sicherlich das oftmals fehlende Methodenverständnis auf Seiten der Entscheidungsträger, d.h. die Anwender werden den durchweg höheren mathematischen und methodischen Anforderungen nicht gerecht. Die zweite, größere Hürde stellt letztlich

aber die Spezifikation der Optionsparameter dar, weshalb dieses Thema auch gesondert in Abschnitt D aufgegriffen wird. Vor diesem Hintergrund dürfte der Einsatz von Optionspreismodellen für Investitionen mit einem hohen Grad an Unsicherheit und unternehmerischer Flexibilität vorbehalten bleiben, d.h. die damit in Kauf genommenen Implementierungsprobleme sollten durch einen ausreichend hohen Optionswert gerechtfertigt werden:

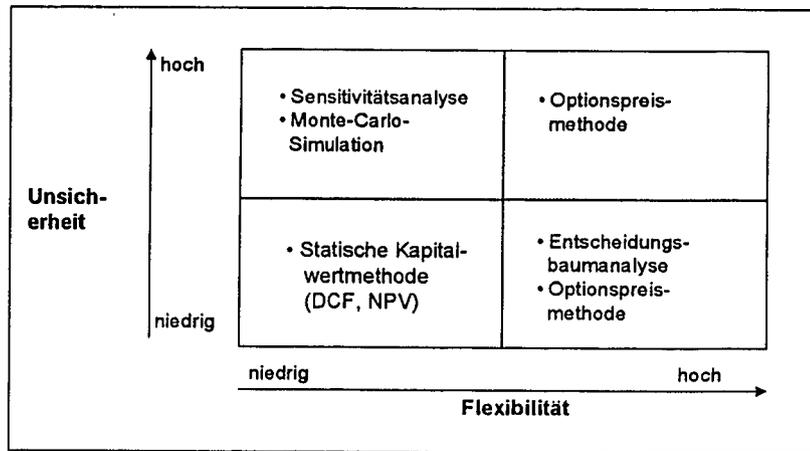


Abb. 6: Auswahl Bewertungsverfahren

Ist auf dieser Basis die Entscheidung für eine Bewertung nach der Optionspreismethode gefallen, so stellt sich als nächstes die Frage, welches konkrete Optionspreisverfahren eingesetzt werden soll. *Abbildung 7* faßt die alternativen Ansätze überblicksartig zusammen.

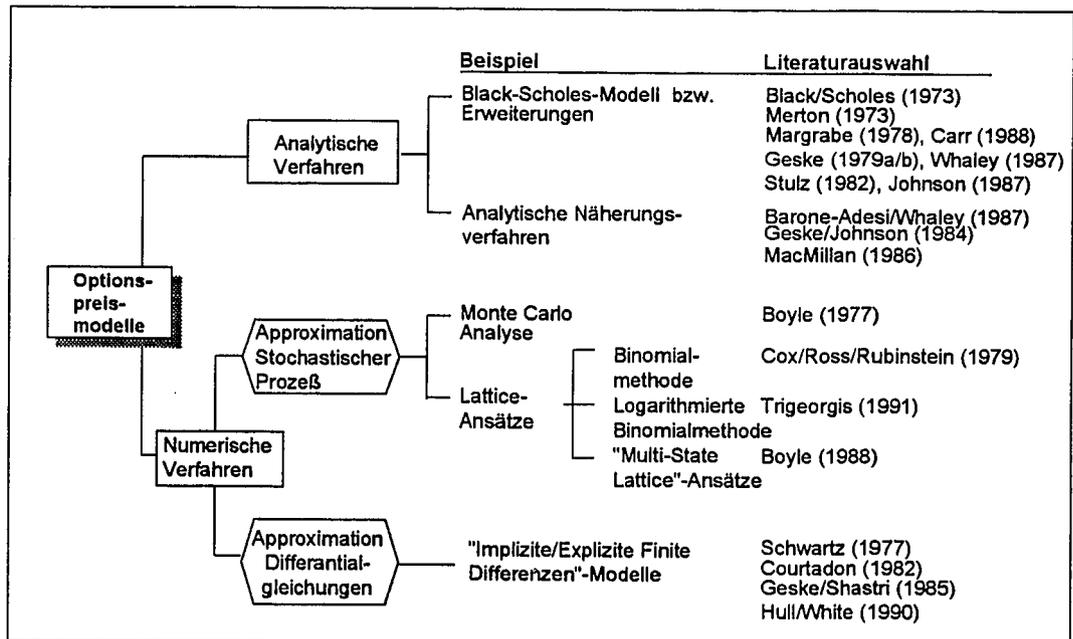


Abb. 7: Alternative Optionspreisverfahren

Prinzipiell kann zwischen analytischen und numerischen Verfahren unterschieden werden. *Analytische Verfahren* leiten für ein spezielles Problem eine konkrete Bewertungsformel ab.. Ausgangspunkt ist die Modellierung der Wertveränderung des Basisinstrumentes als

kontinuierlichen (zeitstetigen) stochastischer Prozeß. Zur Konstruktion des oben erwähnten Hedge-Portfolios wird die Wertveränderungsgleichung partiell differenziert. Unter Verwendung bestimmter Nebenbedingungen (z.B. „Wert einer Kaufoption ≥ 0 “) wird dann das System aus Differentialgleichungen nach dem Wert der Option aufgelöst. Das bekannteste Beispiel dieser Art stellt sicherlich die Black-Scholes-Gleichung für die Bewertung europäischer Call- und Put-Optionen dar.²⁴ Weitergehende Bewertungsmodelle betrachten beispielsweise stetige Dividendenzahlungen, Optionen auf den Tausch von zwei risikobehafteten Vermögenswerten, Optionen auf das Maximum bzw. Minimum verschiedener Güter sowie europäische Verbundoptionen.²⁵

Einschränkend muß darauf hingewiesen werden, daß sich nur für wenige Spezialfälle direkte Bewertungsformeln errechnen lassen. Realloptionen qualifizieren beispielsweise häufig als amerikanische Optionen auf dividendenzahlende Basisinstrumente, d.h. das Unternehmen kann die Investition zu einem beliebigen Zeitpunkt während der Laufzeit tätigen und das Basisinstrument ist aufgrund der nicht realisierten Cash Flows, technologischem Wandel oder Handlungen der Wettbewerber einem Wertverfall ausgesetzt. Für dieses Problem existiert eine analytische Lösungsformel nur für den Sonderfall einer amerikanischen Kaufoption bei dem der Wertverlust in diskreter, nicht-stochastischer Weise erfolgt.²⁶ In manchen Fällen ist es dann möglich, das System bestehend aus Differentialgleichungen und Nebenbedingungen durch mathematisch-analytische Techniken näherungsweise zu lösen. Geske/Johnson (1984) entwickeln beispielsweise unter Verwendung polynomialer Verfahren eine Näherungsformel für amerikanische Kaufoptionen, indem die amerikanische Option als Bündel europäischer Optionen interpretiert wird

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß analytische Verfahren für die Praxis vor allem deshalb interessant sind, weil die Benutzung einer Bewertungsformel vom Rechenaufwand her einfach ist. Die Anwendbarkeit hängt wesentlich davon ab, inwiefern die jeweiligen Modellprämissen der ökonomischen Struktur des Bewertungsproblems entsprechen. Aufgrund der restriktiven Annahmen dieser Modelle wird ihr Anwendungsbereich auf wenige realwirtschaftliche Applikationen beschränkt bleiben. Explizite Bewertungsformeln und Näherungsverfahren haben ferner den Nachteil, daß die konkreten Entscheidungsprobleme vom Anwender nicht vollständig transparent gemacht werden müssen bzw. komplizierte Gleichungen vom Management nicht nachvollzogen werden können. Somit besteht die Gefahr der Nutzung von „Black Box“-Modellen. Trotzdem kann ihr Einsatz im Sinne einer „80/20-Regel“ als sinnvoll erachtet werden.²⁷

Bei den *numerischen Verfahren* ist zwischen zwei Verfahrenstypen zu unterscheiden. Die eine Gruppe von Verfahren versucht, unmittelbar die partiellen Differentialgleichungen für

die Wertentwicklung des Optionsrechts in diskrete Differenzgleichungen zu transformieren und diese durch iterative Approximationsverfahren zu lösen. Diese Verfahren werden jedoch aufgrund ihrer mathematischen Komplexität und ihrer mangelhaften Transparenz kaum Bedeutung für die praktische Umsetzung erlangen. Die zweite Gruppe von numerischen Verfahren, die sog. „Lattice-Modelle“²⁸, modellieren den Wertveränderungsprozeß des Basisinstrumentes direkt als diskreten stochastischen Prozeß. Der Praktiker mag sich hierunter einen mehrdimensionalen Ereignisbaum vorstellen, bei dem für jede Periode die möglichen Werte des Basisinstrumentes sowie die Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens spezifiziert werden. Mithilfe dieses Baumes läßt sich dann ein zweiter Ereignisbaum konstruieren, der den Wert der Option abbildet. Dazu wird beginnend an den Endpunkten geprüft, ob die Ausübung der Option optimal ist und welcher Payoff dabei erzielt wird. Diese Zahlungsströme werden dann, den Grundsätzen der dynamischen Programmierung folgend, rekursiv vom Fälligkeitszeitpunkt bis zur Gegenwart unter Anwendung des Prinzips der risikoneutralen Bewertung abdiskontiert. Ihr Barwert entspricht dem Wert der Option. Die bekannteste Variante dieser Modellgruppe ist sicherlich das Binomialmodell von Cox/Ross/Rubinstein (1979).²⁹ Die Verwendung diskreter Modelle ist für den Praktiker im Hinblick auf die mathematischen Anforderungen ungleich einfacher als die Verwendung zeitstetiger, stochastischer Modelle. Der dadurch eintretende „Genauigkeitsverlust“ der Bewertung kann getrost vernachlässigt werden. Während bei der Bewertung von Finanzoptionen die Bewertungsparameter eindeutig spezifizierbar sind, ist die Wahl der Inputparameter bei der Bewertung von Realoptionen mit vielen Unsicherheiten behaftet. Der Analyst sollte bei der Bestimmung der Optionsparameter sorgfältig vorgehen und sich bei der Modellwahl fragen, welche Methode ihm das beste Verständnis der Struktur des ökonomischen Problems ermöglicht.

Abschließend sei noch auf die numerische Optionsbewertung mit Hilfe der *Monte-Carlo-Analyse* hingewiesen. Der Anwender simuliert den gesamten stochastischen Prozeß für den Wert des Basisinstrumentes und bestimmt so den Optionswert bei Fälligkeit.³⁰ Der Gegenwartswert der Option wird mittels der risikoneutralen Bewertung errechnet. Entscheidende Nachteile dieses Verfahrens sind die Beschränkung auf europäische Optionstypen und die mangelnde Transparenz aus der Sicht des Anwender.

Für die Praxis dürfte insbesondere der Einsatz der Lattice-Verfahren sinnvoll sein. Zum einen sind die mathematischen Anforderungen gering und die beim Anwender liegenden Implementierungshürden überschaubar; zum anderen erfordert die Anwendung des Lattice-Ansatzes, ähnlich wie bei der dynamischen Kapitalwertmethode, daß die Entscheidungssituationen im Detail transparent gemacht werden. Dies ermöglicht eine ökonomisch konsistente und vor allem auch für das Top-Management nachvollziehbare Bewertung.³¹ Eine

zusammenfassende Beurteilung der verschiedenen Bewertungsverfahren erfolgt in *Abbildung 8*.

Verfahren	I	II	III	IV	V
Analytische Lösungen	∅	+++	∅	++	+++
Analytische Approximation	∅	++	∅	+	++
Monte-Carlo-Analyse	+	++	∅	++	++
Lattice-Ansatz	+++	++	+++	++	+++
Differenzenmodelle	∅	+++	+++	∅	∅

Kriterien:	Bewertungsskala:
I Transparenz für den Anwender	Das Kriterium wird
II Genauigkeit der Bewertung	+++ ... in idealer Weise erfüllt
III Vielseitigkeit des Bewertungsansatzes	++ ... in ausreichender Weise erfüllt
IV Komplexität/Ressourcenintensität	+ ... in Ansätzen erfüllt
V Schwierigkeit/Wissensvoraussetzungen	∅ ... in keinster Weise erfüllt

Abb. 8: Bewertung alternativer Optionspreismodelle

Es sei abschließend darauf hingewiesen, daß alle in diesem Abschnitt diskutierten Bewertungsverfahren in ihrer Anwendbarkeit insofern eingeschränkt sind, als daß sie lediglich die allgemeinen marktlichen (und somit hedgebaren) Risiken eines Investitionsprojektes erfassen. Der Erfolg von F&E-Investitionen hängt demgegenüber zu einem wesentlichen Grade von technologischen Risiken ab, die in ihrem Ausmaß und ihrer Auswirkung auf den Projektwert nur schwer abschätzbar sind.³² Reinhardt (1997) hat in diesem Zusammenhang sehr prägnant aufgezeigt, wie zur Lösung derartiger Probleme der Optionsansatz mit dem Entscheidungsbaumanalyse verbunden werden können.

D. Durchführung der Bewertung

Die zentrale Herausforderung bei der Anwendung eines Optionspreisverfahrens ist die Bestimmung der einzelnen Bewertungsparameter. Dabei geht es vor allem um die Quantifizierung der äquivalenten realwirtschaftlichen Modellgrößen sowie die Spezifizierung der ihnen zugrundeliegenden ökonomischen Annahmen. Es ist dabei grundsätzlich sinnvoll, zunächst jede Realloption separat zu bewerten und erst in einem zweiten Schritt (vgl. Abschnitt E) mögliche Interaktionen zu berücksichtigen.

I. Bestimmung des Projektwerts

Der Wert der Realloption als derivatives Recht hängt unmittelbar von dem statischen Kapitalwert des Basisinstruments ab. Die Vorgehensweise zur Bestimmung dieses Parame-

ters ist daher identisch zu der NPV-Methode: Für die Schätzung der freien Cash-Flows und der Kapitalkosten wird ein „vergleichbares“, am Kapitalmarkt gehandeltes Projekt (oder Portfolio) gesucht. Idealerweise weist das vergleichbare Basisinstrument („Comparable“) eine hohe Korrelation zum Projektwert auf oder qualifiziert gar als „Twin Security“ mit einer Korrelation von 1.³³ Es überrascht nicht, daß sich der Realoptionsansatz insbesondere bei der Bewertung von Investitionen zur Extraktion natürlicher Ressourcen durchgesetzt hat. Es besteht zum einen eine annähernd perfekte Korrelation³⁴ zwischen dem Preis des abzubauenen Rohstoffs und dem Wert des Förderprojektes; zum anderen stellen organisierte Commodity-Märkte zu jedem Zeitpunkt aktuelle Spot- bzw. Futures-Preise zur Verfügung.

Die Quantifizierung des Projektwertes gestaltet sich jedoch insbesondere dann als problematisch, wenn die Anwendung des Realoptionsansatzes besonders attraktiv ist. F&E-Projekte sind beispielsweise häufig als reine Optionsrechte zu verstehen, deren unterlegte Vermögensgegenstände einzigartig sind und erst mit der Ausübung der Option geschaffen werden. Im Zweifelsfall sollte hier mit Spannbreiten von Inputparametern gearbeitet werden.

II. Variabilität des Projektwerts

Neben dem Wert des unterlegten Projektes stellt dessen Volatilität im Zeitablauf die zentrale Erklärungsgröße für den Realoptionswert dar. Dem Anwender stehen drei verschiedene Ansätze für deren Schätzung zur Verfügung: Messung historischer Volatilitäten, Messung impliziter Volatilitäten und Cash-Flow Simulationen.

Bei der Verfügbarkeit eines gehandelten „Twin Security“ können historische Volatilitäten auf der Basis vergangener Preise berechnet werden. Dabei ist vor allem entscheidend, daß die gewählte Schätzperiode repräsentativ für den Bewertungszeitraum ist. Im Idealfall werden auf der Basisinstrument oder das „Twin Security“ Optionen gehandelt, da dann auf der Basis der realisierten Optionspreise die vom Markt geschätzte Varianz (auch implizite Volatilität genannt) ermittelt werden kann.

Für alle anderen Projekte wird ein Schätzwert für die Volatilität entweder durch die Wahl des Vergleichswerts vorgegeben oder durch die explizite Modellierung der Wertentwicklung des unterlegten Projektes mit Hilfe der Sensitivitäts- oder Monte-Carlo-Analyse berechnet. Der Blick auf das CAPM-Beta ist nur bedingt hilfreich, da für dessen Berechnung nur das systematische (nicht-diversifizierbare) Projektrisiko berücksichtigt wird.

III. Laufzeit der Option und „Dividenden“

Im einfachsten Fall ist die Laufzeit der Realoption exogen vorgegeben und dividendenähnliche Auszahlungen finden nicht statt. Normalerweise muß jedoch davon ausgegangen werden, daß das Bewertungsumfeld einer gewissen Dynamik unterworfen ist, d.h. sowohl die Laufzeit der Realoption als auch die Dividendenhöhe werden durch das Wettbewerbsumfeld und Technologietrends verändert. Mit der Ausnahme des Monopolfalls halten Konkurrenten typischerweise ähnlich geartete Realoptionsrechte, deren Werte im Rahmen der strategischen Interdependenz miteinander korreliert sind.³⁵ Die Optionsausübung durch ein Unternehmen impliziert aufgrund der Verminderung des Marktpotentials eine dividendenähnliche Auszahlung für die Konkurrenz. Mit dem Verlust des „First Mover“-Vorteils verbindet sich in der Regel auch eine Reduktion der Optionslaufzeit.

Eine dividendenähnliche Auszahlung ist ebenfalls zu verzeichnen, wenn der Projektwert durch technologische Veränderungen oder einen Nachfragerückgang reduziert wird. Die Verkürzung des verbleibenden Produktzykluses führt zum gleichen Resultat. Wenn das Management eine Investitionsoption nicht ausübt, entstehen für das Unternehmen aufgrund der entgangenen Zahlungsströme Opportunitätskosten, die gleichfalls einer Dividendenaus-

zahlung gleichzusetzen sind. Desgleichen stellt der im Zusammenhang mit Rohstoffprojekten beobachtbare „Convenience Yield“ einen Opportunitätsverlust dar.³⁶ Hierbei handelt es sich um eine Rendite, die durch den reinen Besitz (d.h. die Lieferfähigkeit) des Basisinstrumentes erzielt werden kann.

IV. Risikofreier Zinssatz

Die Bestimmung der letzten beiden Bewertungskomponenten ist insgesamt unproblematisch. Der risikofreie Zinssatz wird für die jeweilige Laufzeit der Realoption (bzw. für den betrachteten Ausübungszeitpunkt) von der Zinsstrukturkurve - basierend auf den Zero-Coupon-Zinssätzen für ein AAA-Rating - vorgegeben. Durch die Fokussierung auf festverzinslichen Wertpapiertitel mit höchster Bonität wird der Einfluß von Kreditrisiken minimiert. Es ist darauf zu achten, daß der Zinssatz sich auf die Währung bezieht, in der die Cash Flows des Projekts denominated sind.³⁷ Bei Cash Flows in mehreren Währungen ist gegebenenfalls der gewogene Durchschnitt der entsprechenden Zinssätze zu verwenden.

V. Ausübungspreis

Der Gegenwartswert der Investitionsausgaben als Ausübungspreis einer Investitionsoption wird unter der Annahme festgesetzt, daß das Projekt schnellstmöglich im Rahmen der normalen Investitionstätigkeit implementiert wird, d.h. ohne die implizite Wahrnehmung von Aufschuboptionen.³⁸ Kostenanpassungen aufgrund von antizipierten technologischen Veränderungen werden durch eine deterministische Funktion approximiert. Die Ausübung ähnlich gearteter Optionen durch Konkurrenten können eine Erhöhung der Markteintrittsbarrieren nach sich ziehen, die durch eine Anhebung des Ausübungspreises berücksichtigt werden muß.

E. Feinabstimmung der Bewertung

Die zentrale Aufgabe der Feinabstimmung ist die Berücksichtigung möglicher Interaktionen zwischen verschiedenen Realoptionen innerhalb eines Projektes³⁹ sowie ein Verständnis über die Sensitivität des Ergebnisses in bezug auf die getroffenen Annahmen.

In der Realität treten Realoptionen oftmals nicht allein, sondern im Bündel auf. Besonders deutlich wird dies bei sogenannten Verbundoptionen („Compound Options“), bei denen die Ausübung einer Option eine neue Option schafft. Verbundoptionen dieser Art treten insbesondere dann auf, wenn sich Investitionsvorhaben in diskrete Teilschritte zerlegen lassen, so daß vor Tätigung der Folgeinvestition neue Informationen eingeholt werden kön-

nen. Die Investition eines Pharmaunternehmens in die Grundlagenforschung verschafft dem Unternehmen das Recht, zu einem späteren Zeitpunkt in klinische Tests zu investieren. Letztere schaffen erst die Folgeoption, bei Entwicklungserfolg in die Vermarktung des Medikaments einzutreten. Interaktionseffekte treten aber auch bei scheinbar völlig unabhängigen Optionen auf. Man stelle sich einen Hersteller luxuriöser Automobile vor, der die Option besitzt, bei Variationen der Wechselkurse die Produktionsstätten zu verlegen. Gleichzeitig bestehe die Option, die weltweit nachgefragten Luxusmodelle einfach auf Märkten mit attraktiveren Währungen anzubieten. Diese realen „Währungshedges“ stehen in einem Substitutsverhältnis zueinander und entsprechend ist der Wert beider Optionen niedriger als die Summe der Einzelwerte. Diese Nicht-Additivität ist typisch bei Existenz von Interaktionseffekten. Formal steigt die Nicht-Additivität mit der Wahrscheinlichkeit, daß mehrere dieser Optionen während ihrer Laufzeit ausgeübt werden. Sie ist eher dann gegeben, wenn es sich um Optionen gleichen Typs (Calls oder Puts) handelt, da in diesem Fall die Bedingungen für die Vorteilhaftigkeit der Ausübung ähnlich gelagert sind. Ferner ist von signifikanten Interaktionseffekten auszugehen, wenn die Ausübungszeiträume überlappen und die Optionen weit im Geld sind.⁴⁰ Grundsätzlich kann zwischen zwei Interaktionsformen unterschieden werden:⁴¹

- Die *Ausübung* einer Realloption beeinflusst den Wert des Basisinstruments und damit den Wert der verbleibenden Realloptionen.
- Der effektive Wert des Basisinstruments und somit den Wert der Realloption wird durch die *Existenz* nachgelagerter Realloptionen beeinflusst.

Folgende Beispiele belegen, daß das Vorzeichen der Interaktion primär durch die ökonomische Wirkung der Realloptionsrechte bestimmt wird: Als Näherungsregel kann davon ausgegangen werden, daß Lern- und Versicherungsoptionen mit nachgelagerten Lern- und Versicherungsoptionen negativ korreliert sind, da eine Duplizierung des Schutzes gegen unvorteilhafte Veränderungen der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen vorliegt. Die Präsenz nachgelagerter Optionen erhöht demgegenüber den Wert einer Wachstumsoption, aufgrund der Aufwertung des Basisinstruments und der dadurch bewirkten Erhöhung des inneren Werts. Mit der Ausübung einer Versicherungsoption wird die Projektgröße reduziert und damit der Wert nachgelagerter Wachstumsoptionen vermindert.

Formal können Interaktionseffekte im Rahmen der Bewertung mit Lattice-Modellen durch die Anpassung des operationalisierten Projektwerts berücksichtigt werden. Dies bedeutet konkret, daß zunächst der Lattice-Baum für das Basisinstrument über den gesamten Planungshorizont berechnet wird und dann im Rahmen eines rückwärtigen iterativen Prozesses der Gesamtwert des Projekts (inklusive der Realloptionsrechte) bestimmt wird. Dabei wird

der Wert zum Zeitpunkt t mit Hilfe der Binomialmethode auf der Basis der möglichen Opportunitätswerte in $t + 1$ berechnet. Beim Auftreten einer Realoption werden die entsprechenden Opportunitätswerte für die nachfolgenden Perioden angepaßt und die rekursive Berechnung wiederholt.

Als zweiten Schritt der Feinabstimmung sollte der Anwender noch einmal überprüfen, inwieweit die getroffenen Annahmen tatsächlich auf das bewertete Projekt zutreffen. Alle formalen Optionspreismodelle gehen beispielsweise von einer bestimmten Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Rendite des Basisinstruments aus (z.B. eine log-normale Verteilung bei Black/Scholes), die nicht unbedingt auf das realwirtschaftliche Projekt übertragen werden kann. Es bedarf in diesem Falle einer realistischen Beurteilung des Schätzfehlers und einer entsprechenden Anpassung des ermittelten Projektwerts.⁴²

Mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse kann abschließend überprüft werden, wie stark der Flexibilitätswert von einzelnen Optionsparametern und damit von den diversen Bewertungsannahmen abhängt. Ziel muß dabei sein, den Einfluß von subjektiven, eventuell unfundierten Einschätzungen zu minimieren. Durch die Ermittlung kritischer Werte kann in diesem Zusammenhang festgestellt werden, ab welcher Fehlermarge die Vorteilhaftigkeit der Investition in Frage zu stellen ist.

F. Anwendungsbeispiel: Bewertung eines Nutzungsvertrages

I. Problemstellung

Ein Unternehmen hat einen Mietvertrag über drei Jahre für seine Büroräume abgeschlossen. Die Jahresmiete beträgt 100.000 DM und ist jeweils am Jahresanfang zu bezahlen. Der Vertrag sieht vor, daß das Unternehmen jeweils zu Beginn des neuen Jahres die Vertrag mit sofortiger Wirkung kündigen kann (Kündigungsoption = KO). In diesem Fall wird eine Konventionalstrafe von 35.000 DM pro Jahr Restlaufzeit fällig. Für die verbleibende Zeit muß zudem eine vergleichbare Immobilie zu Marktpreisen angemietet werden. Die Transaktionskosten bei Kündigung werden mit Null angesetzt. Darüber hinaus wird dem Unternehmen am Ende der Vertragslaufzeit die Option eingeräumt, den Nutzungsvertrag einmalig um ein weiteres Jahr zu gleichen Konditionen zu verlängern (Verlängerungsoption = VO). Im Fall der Ausübung der Kündigungsoption verfällt die Verlängerungsoption. Die Controlling-Abteilung wurde beauftragt,

- den Wert der Optionen, individuell und zusammen, zu bestimmen;

- Entscheidungsregeln für die optimale Ausnutzung der Vertragsflexibilitäten abzuleiten.

Das Unternehmen hätte eine vergleichbare Immobilie mit einer Sequenz von ein-jährigen Verträgen anmieten können („Roll-Over“-Strategie). Die vom Markt geforderte Jahresmiete beträgt zur Zeit 90.000 DM, zahlbar jeweils am Jahresanfang. Das Mietpreisniveau schwankte in der Vergangenheit um etwa 15% pro Jahr.

II. Lösung

Die Vorgehensweise orientiert sich an dem in *Abbildung 1* definierten Bewertungsprozeß:

1. *Relevanz des Realoptionsansatzes:* Die Optionsanalogie greift, d.h. die Payoffstruktur ist asymmetrisch. Der Vertrag enthält eine amerikanische Versicherungsoption (KO) und eine europäische Leroption (VO).

2. *Bewertungsmethode:* Die Analyse folgt dem Vorschlag in Abschnitt C. und wendet den Binomialansatz an.

3. *Durchführung der Bewertung:* Wir berechnen zunächst die Wertentwicklung der Marktmieten über ein vierjährigen Zeithorizont. Die Wertsprünge werden durch die Koeffizienten A (Anstieg) und R (Rückgang) vorgegeben (vgl. u.a. Hull 1997). Die projizierte Wertentwicklung wird in *Abbildung 9* dargestellt:

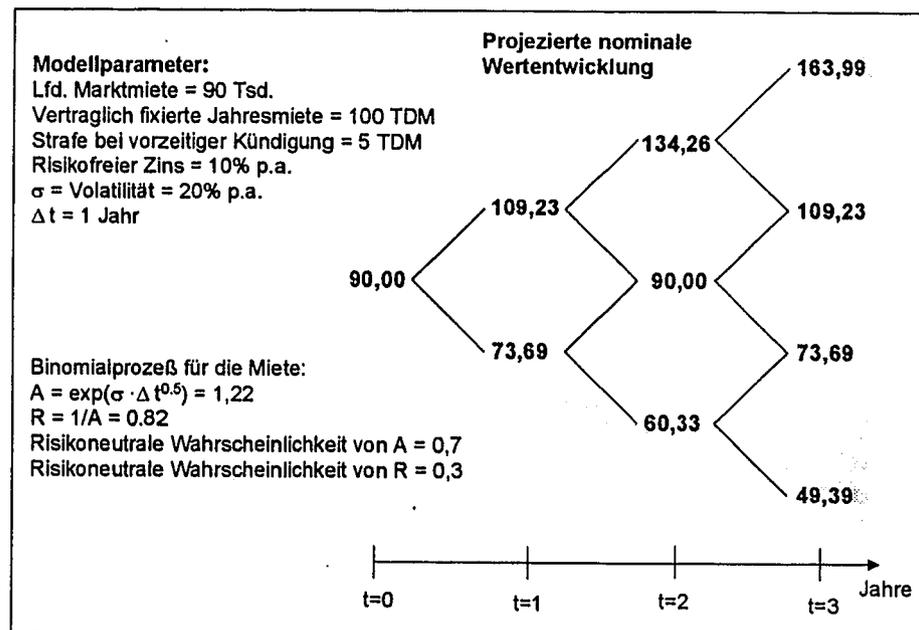


Abb. 9 : Festlegung der Modellparameter

Die Gesamtkosten des dreijährigen Vertrages ohne Vertragsflexibilitäten ergeben aus der Abdiskontierung der vertraglich fixierten Jahresmieten (= DM 273,55 Tsd.). Die Verlängerungsoption wird als einfache europäische Kaufoption für das Ende des dritten Vertragsjahres ($t = 3$) modelliert und risikoneutral bewertet (VO = DM 19,68 Tsd.). Die

Verlängerungsoption sollte ausgeübt werden, wenn zu Beginn des dritten Jahres die Marktmiete mehr als 90 Tsd. DM beträgt. Die Kündigungsoption stellt eine amerikanische Verkaufsoption mit zwei möglichen Ausübungszeitpunkten dar ($t = 1$ und $t = 2$). Die Option wird zunächst für beide Ausübungszeitpunkte mit der Binomialmethode bewertet und dann der höhere Wert angesetzt (KO = DM 5,34 Tsd.). Die Berechnungen ergeben, daß die Kündigungsoption nach Ablauf des ersten Jahres bei Absinken des Preises ausgeübt werden sollte.

4. *Feinabstimmung*: Es muß zum Abschluß berücksichtigt werden, daß die Ausübung der Kündigungsoption auch die Verlängerungsoption vernichtet. Eine negative Interaktion ist gegeben, da die Kündigungsoption bei der Einzelbewertung zu einem Zeitpunkt ausgeübt würde, bei dem die Verlängerungsoption einen positiven Zeitwert besitzt. Die Existenz der nachgelagerten Call Option (VO) vermindert den Wert der vorgelagerten Put Option (KO), weil der Put nunmehr auf ein wertvolleres Basisinstrument geschrieben ist (Miete plus VO). Es ist nun optimal, die Kündigungsoption am Ende des zweiten Jahres auszuüben, wenn die Marktmiete DM 60,33 Tsd. unterschreitet.

Die Bewertungsergebnisse werden abschließend noch einmal in *Abbildung 10* zusammengefaßt:

Vertragskosten ohne Optionen (in Tsd.)		
Gesamtkosten auf NPV-Basis (GW0) (bei 3-jähriger Laufzeit)	273,55	
Vertragswert mit einer Option (in Tsd.)		
Gesamtkosten (GW1)	253,87	KO 268,21
Optionswert ($O1 = GW0 - GW1$)	19,68	5,34
Vertragswert mit zwei Optionen (in Tsd.)		
Gesamtkosten (GW2)	250,49	VO & KO
Optionswert ($O2 = GW0 - GW1$)	23,05	
Interaktion ($I2 = GW1 - GW2 - \Sigma O1$)	- 1,97	

Abb. 10: Bewertungsergebnisse (aus der Sicht des Nutznießers)

G. Schlußbemerkungen

Der Beitrag des Realloptionsansatzes ist zum einen in der Rationalisierung des Managementverhaltens zu sehen, d.h. „strategisch-intuitive“ Entscheidungsprobleme werden entpolitisiert und in analytisch faßbare sowie ökonomisch sinnvolle Kategorien überführt. Hier leistet der Realloptionsansatz auch einen Beitrag zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit⁴³: Wettbewerbsvorteile werden über die Schaffung von Realloptionen⁴⁴ erzielt, d.h. die Zugangssicherung zu den Zukunftsmärkten durch Wachstumsoptionen, das Management von Investitionsrisiken durch Versicherungsoptionen und die optimale Ausgestaltung

der unternehmerischen Lernkurve durch Lernoptionen. Zum anderen ermöglicht der Ansatz, unternehmerische Flexibilität unter Unsicherheit kapitalmarktorientiert und damit in Konsistenz mit der Shareholder Value Maxime zu bewerten.

Für die Praxis besteht die zentrale Herausforderung der nächsten Jahre darin, das mittlerweile weitreichende Methodenwissen in der wissenschaftlichen Literatur für konkrete Bewertungsprobleme operationalisierbar zu machen, insbesondere durch die Entwicklung industriespezifischer Lösungsansätze für die Parameterbestimmung und anwendungsspezifischer Software-Applikationen.

Literatur

- Aggarwal, R. (1980): Justifying Investments in Flexible Manufacturing Technology, in: *Managerial Finance*, Vol. 17, No. 2/3 (May), S. 77-88.
- Barone-Adesi, G., Whaley, R. (1987): Efficient Analytic Approximation of American Option Values, in: *Journal of Finance*, Vol. 42, No. 2, S. 301-320.
- Black, F., Scholes, M. (1973): The Pricing of Options and Corporate Liabilities, in: *Journal of Political Economy*, Vol. 81 (May-June), S. 637-659.
- Boyle, P. (1977): Options: A Monte Carlo Approach, in: *Journal of Financial Economics*, S. 323-338.
- Boyle, P. (1988): A Lattice Framework for Option Pricing with Two State Variables, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 23, No. 1, S. 1-12.
- Brauers J., Weber, M. (1986): Szenarioanalyse als Hilfsmittel der strategischen Planung, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 56. Jg. (7), S. 631-652.
- Brealey, R., Myers, S. C. (1996): *Principles of Corporate Finance, Instructor's Manual*, 5. Auflage, New York (NY).
- Brennan M., Schwartz E. (1985a): Evaluating Natural Resource Investments, in: *Journal of Business*, Vol. 58, No. 2 (April), S. 135-157.
- Brennan M., Schwartz E. (1985b): A New Approach to Evaluating Natural Resource Investments, in: *Midland Corporate Finance Journal*, Vol. 3, No. 1 (Spring), S. 37-47.
- Brockhoff, K. (1987): Budgetierungsstrategien für Forschung und Entwicklung, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 57. Jg. (9), S. 846-869.
- Brockhoff, K. (1993): Zur Erfolgsbeurteilung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 63. Jg., S. 643-662.
- Busby, Pitts (1997): Real Options in Practice, in: *Management Accounting Research*, Vol. 8(2), June.
- Carr, P. (1988): The Valuation of Sequential Exchange Opportunities, in: *Journal of Finance*, Vol. 43, No. 5, S. 1235-1256.
- Copeland T., Koller, T., Murrin, J. (1996): *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*, 2nd edition, New York (NY) et. al.
- Cox, J., Ross, S., Rubinstein, M. (1979): Option Pricing: A Simplified Approach, in: *Journal of Financial Economics*, Vol. 7, No. 3, S. 229-263.
- Dixit, A., Pindyck, R. S. (1994): *Investment under Uncertainty*, Princeton (NJ).
- Dixit, A., Pindyck, R. S. (1995): The Options Approach to Capital Investment, in: *Harvard Business Review*, May-June, S. 105-115.
- Drukarczyk J. (1996): *Unternehmensbewertung*, München.
- Geske, R. (1979a): A Note on an Analytic Valuation Formula for Unprotected American Call Options on Stocks with Known Dividends, in: *Journal of Financial Economics*, S. 375-380.
- Geske, R. (1979b): The Valuation of Compound Options, in: *Journal of Financial Economics*, Vol. 7, No. 1 (March), S. 63-81.
- Geske, R. (1979c): The Valuation of Corporate Liabilities as Compound Options, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 12, No. 4 (November), S. 541-552.
- Geske, R., Johnson H. (1984): The American Put Option Valued Analytically, in: *Journal of Finance*, Vol. 39, No. 5, S. 1511-1524.
- Geske, R., Shastri, K. (1985): Valuation by Approximation: A Comparison of Alternative Option Valuation Techniques, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 20, No. 1, S. 45-71.

- Grenadier, S. R., Weiss A. M. (1997): Investment in Technological Innovations: An Option Pricing Approach, in: *Journal of Financial Economics*, Vol. 44, S. 397-416.
- Hayek F. A. (1960): *The Constitution of Liberty*, Chicago (IL).
- Hayes, R., Abernathy, W. (1980): Managing Our Way to Economic Decline, in: *Harvard Business Review*, Vol. 60, No. 3, S. 71-79.
- Hayes, R., Garvin, D. (1982): Managing as if Tomorrow Mattered, in: *Harvard Business Review*, Vol. 60, No. 3, S. 71-79.
- Hodder, J., Riggs, H. (1985): Pitfalls in Evaluating Risky Projects, in: *Harvard Business Review*, Vol. 63, No. 1, S. 128-135.
- Hull, J. C. (1997): *Options, Futures, and Other Derivatives*, 3. Auflage, Englewood Cliffs, NJ.
- Hull, J. C., White, A. (1990): Valuing Derivative Securities Using the Explicit Finite Difference Method, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 25, S. 87-100.
- Ingersoll, J., Ross, S. (1992): Waiting to Invest: Investment and Uncertainty, in: *Journal of Business*, Vol. 65, No. 1 (January), S. 1-29.
- Jarrow R., Turnbull, S. (1996): *Derivative Securities*, Cincinnati, OH.
- Johnson, H. E. (1987): Options on the Maximum or the Minimum of Several Assets, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 22, No. 3, S. 277-284.
- Kemna, A. (1993): Case Studies on Real Options, in: *Financial Management*, Vol. 22, No. 3 (Autumn), S. 259-270.
- Kensinger, J. (1987): Adding the Value of Active Management into the Capital Budgeting Equation, in: *Midland Corporate Finance Journal*, Vol. 5, No. 1 (Spring), S. 31-42.
- Kester, W. C. (1984): Today's Options for Tomorrow's Growth, in: *Harvard Business Review*, Vol. 62, No. 2, S. 153-160.
- Kester, W. C. (1993): Turning Growth Options into Real Assets, in: *Capital Budgeting under Uncertainty*, hrsg. von R. Aggarwal, New York (NY) et al.
- Kilka M. (1995): *Realoptionen: Optionspreistheoretische Ansätze bei Investitionsentscheidungen unter Unsicherheit*, Frankfurt a. Main.
- Kogut, B., Kulatilaka, N. (1994): Operating Flexibility, Global Manufacturing, and the Option Value of a Multinational Network, in: *Management Science*, Vol. 40, No. 1, S. 123-139.
- Kolbe, A.L., Morris, P. A., Teisberg, E.O. (1991): When Choosing R & D Projects, Go with Long Shots, in: *Research-Technology Management*, January-February.
- Kulatilaka, N. (1988): Valuing the Flexibility of Flexible Manufacturing Systems, in: *IEEE Transactions in Engineering Management*, Vol. 35, No. 4, S. 250-257.
- Kulatilaka, N. (1993): The Value of Flexibility: The Case of a Dual-Fuel Industrial Steam Boiler, in: *Financial Management*, Vol. 22, No. 3, S. 271-279.
- Kulatilaka, N., Marcus, A. (1992): Project Valuation under Uncertainty: When does DCF Fail, in: *Journal of Applied Corporate Finance*, Vol. 5, No. 3, S. 92-100.
- Kulatilaka, N., Perotti E. (1992): *Strategic Investment Timing under Uncertainty*, unveröffentlichtes Arbeitspapier.
- Kulatilaka, N., Trigeorgis, L. (1994): The General Flexibility to Switch: Real Options Revisited, in: *International Journal of Finance*, Vol. 6, No. 2, S. 778-798.
- Leslie, K. J., Michaels, M. P. (1997), The Real Power of Real Options, in: *The McKinsey Quarterly*, No. 3, S. 4-22.
- Luehrmann T. (1994): *Capital Projects as Real Options: An Introduction*, Harvard Business School Teaching Note 9-295-074.
- MacMillan, L. W. (1986): Analytic Approximation for the American Put Option, in: *Advances in Futures and Options Research*, Vol. 1, S. 119-139.

- Majd, S., Pindyck, R. (1987): Time to Build, Option Value, and Investment Decisions, in: *Journal of Financial Economics*, Vol. 18 (March), S. 7-27.
- Margrabe W. (1978): The Value of an Option to Exchange one Asset for Another, in: *Journal of Finance*, Vol. 33, No. 1, S. 177-186.
- McDonald, R., Siegel, D. (1986): The Value of Waiting to Invest, in: *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 101, No. 4 (November), S. 707-727.
- Merton R. C. (1973): Theory of Rational Option Pricing, in: *Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 4, No. 1, S. 141-183.
- Myers, S. C. (1976): Using Simulation for Risk Analysis, in: *Modern Developments in Financial Management*, hrsg. v. Myers, Westport, CT.
- Myers, S. C. (1977): Determinants of Corporate Borrowing, in: *Journal of Financial Economics*, Vol 5, No. 2, S. 147-176.
- Myers, S. C., Majd, S. (1990): Abandonment Value and Project Life, in: *Advances in Futures and Options Research*, Vol. 4, S. 1-21.
- Reinhardt, H. C. (1997), *Kapitalmarktorientierte Bewertung industrieller F&E-Projekte*, Wiesbaden.
- Roll, R. (1977): An Analytic Valuation Formula for Unprotected American Call Options on Stocks with Known Dividends, in: *Journal of Financial Economics*, Vol. 5, No. 2, S. 251-258.
- Schwartz E. S. (1977): The Valuation of Warrants: Implementing a New Approach, in: *Journal of Financial Economics*, Vol. 4, S. 79-93.
- Sick (1994): Analyzing a Real Option on a Petroleum Property, Unpublished Case Study.
- Sick G. (1995): Real Options, in: R. Jarrow et. al., *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Vol. 9 (Finance), S. 631-691.
- Smith J. E., Nau, R. F. (1995): Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis, in: *Management Science*, Vol. 41, No. 5 (May), S. 795-816.
- Teisberg, E. (1995): Methods for Evaluating Capital Investment Decisions under Uncertainty, in: *Real Options in Capital Investment*, hrsg. v. L. Trigeorgis, Westport, CT, S. 31-46.
- Trigeorgis, L. (1988): A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting, in: *Advances in Futures and Options Research*, Vol. 3, S. 145-167.
- Trigeorgis, L. (1991): Anticipated Competitive Entry and Early Preemptive Investment in Deferrable Projects, in: *Journal of Economics and Business*, Vol. 43, No. 2, S. 143-156.
- Trigeorgis, L. (1991): A Log-Transformed Binomial Numerical Analysis Method for Valuing Complex Multi-Option Investments, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 26, No. 3, S. 309-326.
- Trigeorgis, L. (1993): Real Options and Interactions with Financial Flexibility, in: *Financial Management*, Vol. 22, No. 3 (Autumn), S. 202-224.
- Trigeorgis, L. (1995): *Real Options in Capital Investment; Models, Strategies, and Applications*, Westport, CT.
- Trigeorgis, L. (1996): *Real Options, Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, Cambridge, MA.
- Trigeorgis, L., Mason, S. P. (1987): Valuing Managerial Flexibility, in: *Midland Corporate Finance Journal*, Vol. 5, No. 1 (Spring), S. 14-21.
- Stulz, R. (1982): Options on the Minimum or the Maximum of Two Risky Assets: Analysis and Applications, in: *Journal of Financial Economics*, Vol. 10, No. 2, S. 161-185.
- Uhlir H., Steiner, P. (1994): *Wertpapieranalyse*, 3. Auflage, Heidelberg.

- Whaley, R. (1981): On the Valuation of American Call Options on Stocks with Known Dividends, in: *Journal of Financial Economics*, Vol. 9 (June), S. 207-212.
- Willner, R. (1995): Valuing Start-Up Venture Growth Options, in: Trigeorgis, L. (Hrsg.), *Real Options in Capital Investment*, Westport, CT, S. 221-239.

Anmerkungen

- ¹ Wir bedanken uns sehr herzlich bei Professor Dr. Klaus Brockhoff, Universität Kiel, und Petra Riemer-Hommel, A.M., Ph.D. (IAAEG an der Universität Trier) für hilfreiche Kommentare und Anregungen.
- ² Vgl. u.a. Brealey/Myers (1996), Copeland et. al. (1996), Drukarczyk (1996).
- ³ Vgl. u. a. Hayes/Abernathy (1980), Hayes/Garwin (1982).
- ⁴ Vgl. u.a. Kolbe et. al. (1991) und Grenadier/Weiss (1997) hinsichtlich der Relevanz des Realloptionsansatzes. Busby/Pitts (1997) diskutieren Probleme bei der Umsetzung in der Bewertungspraxis.
- ⁵ Vgl. Sick (1995, S. 631), Trigeorgis (1988, S. 149), Kensinger (1987, S. 31).
- ⁶ Vgl. Dixit/Pindyck (1994, S. 3).
- ⁷ Trigeorgis (1996, S. 127-129) weist in diesem Zusammenhang auf die Rolle des Wettbewerbs und sogenannte Verbundeffekte.
- ⁸ Fallstudien zum Realloptionsansatz werden u.a. in Kemna (1993) und Sick (1994) diskutiert.
- ⁹ Vgl. u.a. Trigeorgis (1993, S. 204) und Kilka (1995, S. 37-40).
- ¹⁰ Vgl. u.a. McDonald/Siegel (1986), Ingersoll/Ross (1992). Vgl. Kulatilaka/Perotti (1992, S. 20) zur Wahl des Ausübungszeitpunkts.
- ¹¹ Vgl. Majd/Pindyck (1987, S. 10), Geske (1979), Trigeorgis (1993, S. 211).
- ¹² Vgl. Myers/Majd (1990, S. 3), Trigeorgis (1996, S. 12).
- ¹³ Vgl. Brennan/Schwartz (1985a/b).
- ¹⁴ Vgl. Trigeorgis/Mason (1987, S. 19).
- ¹⁵ Vgl. u.a. Aggarwal (1991), Kulatilaka (1988/1993), Kogut/Kulatilaka (1994) und Kulatilaka/Trigeorgis (1994).
- ¹⁶ Vgl. u.a. Myers (1977), Kester (1984, 1993).
- ¹⁷ Vgl. Brealey/Myers (1996), Drukarczyk (1996). Schwächen dieses Ansatzes werden u.a. von Hodder/Riggs (1985), Kulatilaka/Marcus (1992) und Dixit/Pindyck (1995) diskutiert.
- ¹⁸ Vgl. Brealey/Myers (1996, S. 240-242). Brauers/Weber (1986) bieten einen exzellenten Überblick über die verschiedenen Methodenansätze.
- ¹⁹ Vgl. Myers (1976), Trigeorgis (1995, S. 55-57).
- ²⁰ Vgl. u.a. Teisberg (1995, S. 33-34 u. 36-37).
- ²¹ Vgl. Hodder/Riggs (1985, S. 131-4). Smith/Nau (1995) zeigen, daß bei formal richtiger Anwendung die dynamische Kapitalwertmethode identische Resultate wie die Optionspreisbewertung liefert.
- ²² Für einen Überblick, vgl. Trigeorgis (1996, ch. 3), Hull (1997), Jarrow/Turnbull (1996).
- ²³ Vgl. Uhlir/Steiner (1994, S. 223-232), Hull (1997, S. 198-199).
- ²⁴ Vgl. Black/Scholes (1973).
- ²⁵ Optionen mit stetigen Dividendenzahlungen, vgl. Merton (1973); Optionen auf den Tausch von Vermögenswerten, vgl. Margrabe (1978); Optionen auf das Maxi-

- mum/Minimum verschiedener Güter, vgl. Stulz (1982) u. Johnson (1987); europäische Verbundoptionen, vgl. Geske (1979a) u. Carr (1988).
- ²⁶ Vgl. Roll (1977), Geske (1979b), Whaley (1981).
- ²⁷ Der mit einem solchen „Quick Shot/Back-of-the-Envelope“-Ansatz berechnete Richtwert kann neben dem statischen Kapitalwert als weitere Hilfsgröße in die Projektbewertung einfließen.
- ²⁸ Bei Finanzoptionen werden in der Regel stetige Modelle bevorzugt, da damit eine höhere Bewertungsgenauigkeit erzielt werden kann. Für die Bewertung von Realoptionen spielt die Frage nach dem verwendeten stochastischen Prozeß (z.B. stetig oder diskret bzw. „Mean-Reversion“-Prozeß oder geometrische Brown'sche Bewegung) eine eher nachgeordnete Rolle, da die Aussagekraft des Bewertungsmodells ungleich stärker von der korrekten Spezifikation der ökonomischen Annahmen bei der Bestimmung der Optionsparameter abhängt.
- ²⁹ Hier wird die Laufzeit der Option in gleichgroße Intervalle Δt unterteilt und die Wertentwicklung des Basisinstruments mit dem Binomialprozeß $S \rightarrow \{uS, dS\}$ und den Wahrscheinlichkeiten $[p, 1-p]$ beschrieben. Das gleiche Bewertungsprinzip kann auch auf Trinomialprozesse ($S \rightarrow \{uS, S, dS\}$) oder Prozesse höherer Ordnung angewendet werden (vgl. u.a. Boyle 1988). Trigeorgis (1991) wendet beispielsweise einen logarithmierten Binomialansatz auf Investitionen mit mehreren, voneinander abhängigen Realoptionen an. Dieser Aspekt wird in Abschnitt E weitergehend behandelt.
- ³⁰ Vgl. Boyle (1977).
- ³¹ Vgl. Sick (1995).
- ³² Für die Beziehung zwischen Technologie- und Marktunsicherheit, vgl. Brockhoff (1993). Optionspreisverfahren eignen sich jedoch für explizite Erfassung des technologischen Wissensfortschritts im Hinblick auf die Wertentwicklung des Basisinstruments, z.B. über die explizite Modellierung der „Wissenssprünge“ (des technologischen Entdeckungsprozesses) mit Hilfe eines Poisson-Prozesses. Vgl. hierzu insbesondere Willner (1995) und Grenadier/Weiss (1997). Es besteht jedoch die Gefahr der „Ad-Hoc“-Modellierung. Brockhoff (1987) entwickelt alternativ einen evolutionären Simulationsansatz für die Entscheidungsfindung.
- ³³ Eine Korrelation von 1 ist gleichbedeutend mit einer linearen Abhängigkeit.
- ³⁴ Etwaige Abweichungen können sich aufgrund eines konvexen Kostenfunktionsverlaufs ergeben.
- ³⁵ Man spricht in diesem Zusammenhang auch von gemeinsam gehaltenen Optionen („shared options“). Vgl. Trigeorgis (1988, S. 154-155).
- ³⁶ Für Rohstoffe mit Input-Charakter (Öl, Kupfer, etc.) kann der Spot-Preis als der abgezinste Futures-Preis interpretiert werden, wobei als Diskontierungssatz die Differenz zwischen dem „Cost of Carry“ (Lagerhaltungskosten) und dem „Convenience Yield“ eingesetzt wird. Vgl. Hull (1997, S. 67-68).
- ³⁷ Die Bewertung muß sich nicht auf den Zinssatz in der Währung beziehen, die die Zahlungsströme letztendlich determiniert (z.B. DM-Umsätze, aber ein einheitlicher $\text{\$}$ -Weltmarktpreis), wenn das Zinsparitätentheorem nicht verletzt wird.
- ³⁸ Gleiches gilt für die variablen Kosten bei einer „Option to Expand“, den Transaktionskosten bei einer „Switching Option“ oder dem Restwert bei einer „Option to Exit“.
- ³⁹ Vgl. Trigeorgis (1991/1993). Unter Umständen liegen auch Interaktionen zwischen Realoptionen verschiedener Projekte vor, z.B. wenn der Zutritt zu einem Zukunftsmarkt nur bei dem erfolgreichen Abschluß mehrerer, parallel laufender Projekte gegeben ist. Vgl. Trigeorgis (1988, S. 152-153).
- ⁴⁰ Vgl. u.a. Trigeorgis (1993/1996), Kulatilaka (1995).

- ⁴¹ Vgl. Trigeorgis (1996, S. 234).
- ⁴² Vgl. auch Luehrman (1994, S. 11).
- ⁴³ Bereits Hayek (1960, S. 23) erkannte die Bedeutung von Entscheidungsflexibilitäten:
„It would be an error to believe that, to achieve a higher civilization, we have merely to put into effect the ideas now guiding us. If we are to advance, we must leave room for a continuous revision of our present conceptions and ideals which will be necessitated by further experience.“
- ⁴⁴ Als dritte Komponente neben der Schaffung und Bewertung der Realoptionen wäre auch dessen Kultivierung (d.h. die gezielte Wertsteigerung durch Maßnahmen des Managements) zu nennen. Vgl. u.a. Leslie/Michaels (1997).

Forschungspapiere
der Wissenschaftlichen Hochschule für Unternehmensführung (WHU)
- Otto-Beisheim-Hochschule -

Lfd. Nr	Autor	Titel
1.	Weber, Jürgen	Theoretische Herleitung eines Controlling in Software-Unternehmen (Juni 1991)
2.	Heinzl, Armin	Spinning off the Information Systems Support Function (Juni 1991)
3.	Setzer, Ralf	Ergebnisse einer Befragung zur Beschaffungsplanung für zentrale Rechnersysteme (August 1991)
4.	Pfähler, Wilhelm Lambert, Peter	Die Messung von Progressionswirkungen (Oktober 1991)
5.	Pfähler, Wilhelm Lambert, Peter	Income Tax Progression and Redistributive Effect: The Influence of Changes in the Pre-Tax Income Distribution
6.	Pfähler, Wilhelm Leder, Thomas	Operative Synergie - von der Theorie zur Unternehmenspraxis (z.Zt. nicht erhältlich, wird überarbeitet)
7.	Wiese, Harald	Network Effects and Learning Effects in a Heterogeneous Dyopoly (Dezember 1991)
8.	Heinzl, Armin Stoffel, Karl	Formen, Motive und Risiken der Auslagerung der betrieblichen Datenverarbeitung (Januar 1992)
9.	Bungenstock, C. Holzwarth, J. Weber, Jürgen	Wegfallkosten als Informationsbasis strategischer Entscheidungen (Januar 1992)
10.	Lehner, Franz	Messung der Software-Dokumentationsqualität (August 1992)
11.	Heinzl, Armin Sinß, Michael	Zwischenbetriebliche Kooperationen zur kollektiven Entwicklung von Anwendungssystemen (August 1992)
12.	Heinzl, Armin	Die Ausgliederung der betrieblichen Datenverarbeitung
13.	Lehner, Franz	Expertensysteme zur Unterstützung der strukturorganisatorischen Gestaltung von Unternehmen
14.	Lehner, Franz	Brauchen wir eine Theorie der Wirtschaftsinformatik?
15.	Lehner, Franz, Setzer, Ralf Hofmann, Hubert	Wartung und Pflege von Wissensbanken
16.	Müller, Wolfgang Klein, Sebastian	Grundzüge einer verhaltensorientierten Preistheorie im Dienstleistungsmarketing

Lfd. Nr	Autor	Titel
17.	Lehner, Franz	Considerations on Information System Based on an Empirical Study
18.	Lehner, Franz Hofmann, Hubert Setzer, Ralf	Maintenance of Knowledge Based Systems
19.	Lehner, Franz Sikora, Hermann	Wartung objektorientierter Softwaresysteme
20.	Lehner, Franz Röcklein, Wolf	Anwendung der Erfolgsfaktoren-Analyse zur Diagnose der betrieblichen Informationsverarbeitung
21.	Lehner, Franz	Gedanken und Notizen zur Entwicklung von Informatik-Strategien
22.	Albach, Horst	La Economia de la Empresa Como Ciencia
23.	Müller, Wolfgang	Konzeptionelle Grundlagen des Integrative Dienstleistungsmarketing
24.	Weber, Jürgen Hamprecht, Markus	Stand und Anwendungsperspektiven des Controlling in Verbänden und ähnlichen Non-Profit-Organisationen (März 1994)
25.	Weber Jürgen Kummer, Sebastian Großklaus, Armin Nippel, Harald Warnke, Dorothee	Methodik zur Generierung von Logistik-Kennzahlen (Juni 1994)
26.	Kummer, Sebastian	Controlling Logistics in the German Automotive Industry (Juni 1994)
27.	Weber, Jürgen	Zur Bildung und Strukturierung spezieller Betriebswirtschaftslehren (August 1994)
28.	Weber, Jürgen Kaminski, Arndt	Zum Promotionsverhalten in der deutschsprachigen Betriebswirtschaftslehre (Oktober 1994)
29.	Rösler, Frank	Target Costing für komplexe Produkte Ein Diskussionsbeitrag zur Anwendungsproblematik des Zielkostenmanagements (März 1995)
30.	Weber, Jürgen Brettel, Malte Großklaus, Armin Hamprecht, Markus Rösch, Barbara E. Schäffer, Utz	Grundgedanken zur Entwicklung einer Theorie der Unternehmensführung (Mai 1995)

Lfd. Nr	Autor	Titel
31.	Weber, Jürgen	Kostenrechnung-(s)-Dynamik - Einflüsse hoher unternehmensex- und -interner Veränderungen auf die Gestaltung der Kostenrechnung (Mai 1995)
32.	Weber, Jürgen	Selektives Rechnungswesen (Mai 1995)
33.	Weber, Jürgen	Controlling versus New Public Management als alternative oder sich ergänzende Konzepte der Umgestaltung öffentlicher Institutionen? (März 1996)
34.	Weber, Jürgen Goedel, Hanns Schäffer, Utz	Zur Gestaltung der strategischen und operativen Planung (April 1996)
35.	Weber, Jürgen Brettel, Malte Schäffer, Utz	Gedanken zur Unternehmensführung (April 1996)
36.	Jost, Peter-J.	Crime, Coordination, and Punishment: An Economic Analysis (Mai 1996)
37.	Jost, Peter-J.	A Positive Economic Analysis of Law Enforcement (September 1996)
38.	Weber, Jürgen Weißberger, B.	Relative Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung: A Critical Evaluation of Riebel's Approach (November 1996)
39.	Weber, Jürgen Weißberger, B.	Rechnungslegungspolitik und Controlling: Zur Gestaltung der Kostenrechnung (November 1996)
40.	Weißberger, B	Accounting as a Credence Good: An Attempt to Throw Some Light on the Recent Loss of Relevance of German Management Accounting (November 1996)
41.	Weißberger, B.	Kundenbindung und Vertrauen in der Beziehung zwischen Wirtschaftsprüfer und Mandant (November 1996)
42.	Weber, Jürgen	Kostenrechnung am Scheideweg? (November 1996)
43.	Weber, Jürgen Aust, René Weißberger, B.	Benchmarking des Controllerebereichs: Ein Erfahrungsbericht
44.	Weißberger, B.	Die Regelung zum Prüferwechsel im Referentenentwurf zum KonTraG: Eine neo-institutionale Analyse
45.	Weber, Jürgen	Zur Abgrenzung von Führung und Controlling (Dezember 1997)

Lfd. Nr	Autor	Titel
46.	Olber, Jochen Schweizer, Chr. Sturm, Patrick	Forschung und Lehre in Entrepreneurship, Stand der Disziplin in den USA und Schlußfolgerungen für Deutschland Band 1: Hauptteil
47.	Olber, Jochen Schweizer, Chr. Sturm, Patrick	Forschung und Lehre in Entrepreneurship, Stand der Disziplin in den USA und Schlußfolgerungen für Deutschland Band 2: Dokumentation
48.	Weber, Jürgen Schäffer, Utz	Sicherstellung einer angemessenen Rationalität der Führung als Funktion des Controlling (Januar 1998)
49.	Weber, Jürgen Schäffer, Utz	Sicherstellung der Rationalität von Führung als Controlleraufgabe? (April 1998)
50.	Hommel Ulrich Pritsch Gunnar	Investitionsbewertung mit dem Realloptionsansatz (April 1998)

Rektorat /29, Mai 1998