



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

SEM IN A R A R B E I T

Real Options Illustrated

ausgeführt am

Institut für

Finanz- und Versicherungsmathematik

TU Wien

unter der Anleitung von

Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Gerhold

durch

Iris Grže

Matrikelnummer: 01620781

Wien, am 29.07.2019

Inhalt

1	Einleitung und Motivation	2
2	Grundlagen der Optionstheorie	3
	Call und Put Option	3
	Amerikanische und Europäische Option	3
	Hedging	3
3	Real Option.....	4
	Wichtige Kriterien für den Wert einer Real Option	5
	Arten der Real Optionen	6
4	Vergleich der Ansätze.....	8
	Net Present Value Analysis (NPV Analysis).....	8
	Entscheidungsbaum Analysis	10
	Real Option Analysis.....	11
5	Copeland und Antikarov	12
	Drei Ansätze für die Preisfestlegung der Real Optionen.....	12
	Dynamische Programmierung	13
	Annahmen an das Copeland und Antikarov Modell	14
	Vorgehensweise bei der Copeland und Antikarov Methode	14
	Beispiel des Portes:	15
	1. Bestimmung des NPVs.....	16
	2. Hinzufügung der Unsicherheit & Ereignisbaum.....	16
	3. Entscheidungsbaum	19
	4. Real Option Analysis	19
6	Conclusio	23
	Vorteile der Real Option Analysis	23
	Nachteile der Real Option Analysis	23
7	Abbildungsverzeichnis	24
8	Tabellenverzeichnis	24
9	Abkürzungsverzeichnis	24
10	Literaturverzeichnis	25

1 Einleitung und Motivation

Ein langer Zeithorizont ist immer mit Unsicherheiten verbunden, das ist eine Tatsache. Je weiter in der Zukunft ein Ereignis liegt, desto mehr verschiedene Abwicklungsmöglichkeiten gibt es. Dieses Prinzip kann sowohl finanziell, in den Beziehungen oder auch im Leben generell beobachtet werden. Das Ende eines Verlaufs ist sehr schwer vorherzusagen. Wenn wir das in Betracht ziehen, ist es leicht zu verstehen, warum insbesondere bei großen Investitionen, die über eine lange Zeitspanne verlaufen, sich Menschen schon seit Jahrhunderten nicht nur nach ihrem »Bauchgefühl« entscheiden, sondern versuchen, ihre Entscheidungen auch mit wissenschaftlichem Wissen zu unterstützen. Wir wollen unsere Zeit, Energie und Geld nämlich nicht umsonst investieren (insbesondere wenn die Investition über mehrere Jahre verteilt ist).

Dementsprechend ist es sinnvoll, nach einem mathematischen Modell zu suchen, das uns ermöglichen würde, den zukünftigen Wert eines Projektes möglichst genau vorhersehen zu können. Das würde das Treffen von wichtigen Entscheidungen in der Gegenwart deutlich erleichtern. Leider fand die Erfindung eines solchen Modelles aufgrund der hohen Komplexität des Problems trotz Mühe zahlreicher Experten bis heute noch nicht statt.

Dennoch hat sich dieser Wissenschaftszweig in letzter Zeit sehr stark entwickelt. Sehr lange waren nämlich die einzigen bekannten Methoden der Projektevaluierung die sogenannten traditionellen Kapitalbudgettechniken. Diese enthalten aber keine Möglichkeit, den Verlauf eines Projektes in der Zukunft zu steuern. Somit ignorieren bzw. unterschätzen sie das Ausmaß der Unsicherheit und dessen Auswirkungen. Eine für Geschäftsinhaber verfügbare Option hat als Erster der amerikanische Wirtschaftswissenschaftler, Statistiker und Erfinder Irving Fischer im Jahr 1930 erwähnt. Der Begriff »Real Option« wurde aber erst 47 Jahre später vom amerikanischen Professor Stewart Myers eingeführt, also erst nach der Erfindung des Black-Scholes Modelles in 1973.

Die Analyse der Real Optionen zieht das Ausmaß der Unsicherheit bei der Investitionsentscheidung in Betracht und bietet hiermit eine Lösung für den Umgang an. Aufgrund ihrer mathematischen Komplexität (Verwendung von partiellen Differentialgleichungen, Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen, Simulationstechniken, usw.), sind sie in der Praxis schwer anzuwenden und werden deshalb eher als eine »Black Box« gesehen.

Das Ziel dieser Seminararbeit ist, die Grundlagen zum Thema Analyse von Real Optionen zu erläutern, ihre Vor- und Nachteile darzulegen und einige Ansätze vorzustellen, wobei der Fokus auf der Antikarov und Copeland Methode liegen wird, die in der Praxis sehr verbreitet ist. Diese wird im darauffolgenden anhand eines Beispiels genauer nahegebracht.

Diese Arbeit basiert auf der Referenzliteratur Real Options Illustrated von Linda Peters aus dem Jahr 2016. Einzelne Anregungen stammen auch aus anderer Literatur, die im Literaturverzeichnis am Ende der Arbeit zu finden ist.

Die Kenntnisse aus der Lehrveranstaltung Finanzmathematik 1: diskrete Modelle sowie die Kenntnisse über die Monte Carlo Simulation und Random Walk sind dabei vorausgesetzt.

2 Grundlagen der Optionstheorie

Eine Option ist ein Vertrag, der einem Eigentümer das Recht, aber keine Pflicht gibt, einen Basiswert (z.B. Aktien, Anleihen, Währungen) zu einem vorher festgelegten Preis zu oder vor einem bestimmten Fälligkeitszeitpunkt zu kaufen oder zu verkaufen.

Der Eigentümer einer Option kann sich also selbst entscheiden, ob er seine Option ausübt oder nicht. Die Ausübung einer Option ist natürlich nur dann sinnvoll, wenn sie rentabel ist, das heißt z.B. für eine Call Option (die wir im nächsten Unterkapitel kennenlernen werden), wenn der tatsächliche Preis des Basiswertes größer ist als der im Optionsvertrag festgelegte Preis. Im Gegenfall würde man nämlich keinen Gewinn erzielen, sondern Verlust erleiden.

Jedoch ist eine negative Auszahlung einer Option abgesehen von der Optionsprämie (der Preis, den man für die Option bezahlt hat) nicht möglich, da der Optionswert einer nicht ausgeübten Option Null ist.

Den Preis, zu dem der Basiswert gekauft oder verkauft werden kann und der beim Abschluss eines Optionsvertrages festgelegt wird, nennt man Ausübungs- oder Strikepreis.

Call und Put Option

Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen Kauf- / Call Option und Verkaufs- / Put Option. Eine Kaufoption gibt dem Käufer oder Inhaber das Recht (aber keine Pflicht), z.B. eine Aktie innerhalb einer bestimmten Zeitspanne zu einem bestimmten Preis zu kaufen. Die Verkaufsoption macht genau das Gegenteil. Sie gibt dem Inhaber das Recht, zu einem festgelegten Preis innerhalb einer bestimmten Zeitspanne zu verkaufen.

Amerikanische und Europäische Option

Man kann aber auch eine Unterscheidung auf Grund der Ausübungszeit einer Option machen und so kommen wir zu einer Amerikanischen und Europäischen Option.

Während man bei einer amerikanischen Option das Recht hat, die Option jederzeit während ihrer Laufzeit auszuüben, kann man eine europäische Option nur am Ende ihrer Dauer ausüben. Darüber hinaus wurden überwiegend die amerikanischen Optionen auf den Optionsmärkten gehandelt.

Hedging

Hedging ist eine Absicherung eines Risikos (z.B. von Kurs-, Währungs-, Preisrisiken) durch eine oder mehrere Transaktionen auf den Finanzmärkten. Insofern eine Möglichkeit, ein Risiko durch den Abschluss einer Option oder eines Futures abzusichern.

Da wir bereits wissen, was eine Option ist, stellt sich jetzt noch die Frage, was ein Future ist. Ein Future ist ein bilateraler Vertrag, der einerseits dem Verkäufer ermöglicht, einen bestimmten Referenzwert zu einem vorher bestimmten Zeitpunkt für einen festgelegten Preis zu verkaufen und andererseits dem Käufer, diesen bestimmten Referenzwert zu diesem bestimmten Zeitpunkt für einen vorher festgelegten Preis zu kaufen.

Der Unterschied zwischen Futures und Optionen ist, dass ein Future eine beidseitige rechtliche Verpflichtung für beide Vertragspartner darstellt, für einen zu liefern und den anderen, die Lieferung anzunehmen.

3 Real Option

Die Real Optionen basieren auf der Logik der Finanzoptionen. Obwohl sie normalerweise nicht als Wertpapiere gehandelt werden, werden sie modelliert, als ob das der Fall wäre. Zum Beispiel:

- Eine Put Option ist äquivalent zur Möglichkeit, ein Investitionsprojekt zu verkaufen.
- Eine Call Option ist äquivalent zur Möglichkeit, ein Investitionsprojekt zu kaufen.

Real Optionen werden deshalb als Finanzoptionen im Hinblick auf Real-Life Investitionen vorstellbar. Grundsätzlich gibt es eine Real Option das Recht, aber keine Pflicht, an einem in der Zukunft bestimmten Stichtag zu einem vorher festgelegten Preis unterschiedliche Maßnahmen geltend zu machen (z.B. die Wahl, ein Investitionsprojekt aufzuschieben, zu erweitern oder abzubrechen).

Dadurch bieten die Real Optionen den Entscheidungsträgern die Möglichkeit, während der Laufzeit eines Projekts bereits aufgetretene Gelegenheiten zu nutzen. Die Ausübung einer Option ist genauso wie bei einer Finanzoption nur dann sinnvoll, wenn der potenzielle Wert eines Projekts (der Wert eines Projekts ist immer in bar definiert) damit maximiert wird und das Abwärtsrisiko verringert. Da alles schon im Voraus bestimmt sein muss (welche Art von Option, zu welchem Preis und zu welchem zukünftigen Zeitpunkt), muss man überlegen, wie man das beste Projekt auswählen kann. Dafür muss man den Wert mit den im Projekt eingebetteten Optionen einschätzen können und das mit dem höchsten Optionswert auswählen.

Im darauffolgenden lernen wir wichtige Kriterien für den Wert einer Real Option kennen und danach um eine bessere Vorstellung zu bekommen, was alles eine Real Option ist, sehen wir uns noch die verschiedenen Arten der Real Optionen an.

Wichtige Kriterien für den Wert einer Real Option

1. Der Wert des Basiswerts:

Der Basiswert einer Real Option ist ein Projekt oder eine Investition. Wenn der Wert des Basiswerts steigt und wir eine Call-Option besitzen, steigt auch der Realoptionswert. Wenn wir andererseits eine Put Option haben und der Wert des Basiswerts steigt, passiert genau das Umgekehrte - der Wert unserer Put Option sinkt.

Im Allgemeinen unterscheiden sich die Real Optionen von den Finanzoptionen dadurch, dass der Eigentümer einer Real Option den Wert des Basiswerts beeinflussen kann, während bei Finanzoptionen dies nicht möglich ist.

2. Ausübungspreis oder Investitionskosten (*auf Englisch Exercise bzw. Strike Price*):

Der Ausübungspreis ist die Prämie (das Aufgeld), die im Falle einer Call Option für den Erwerb des Vermögenswerts bezahlt wurde, und im Falle einer Put Option für den Verkauf des Vermögenswerts erhalten wurde.

Wenn der Ausübungspreis einer Option steigt, sinkt der Wert einer Call Option. Je näher nämlich der Ausübungspreis einer Option dem Marktpreis kommt, desto weniger gewinnen wir mit der Ausübung unserer Call Option. Anders gesagt: Je größer der Unterschied zwischen Ausübungs- und Marktpreis ist, desto mehr wert ist eine Call Option und desto weniger eine Put Option.

3. Ablaufdatum bzw. die Expiration der Option:

Je länger die Ausübungszeit einer Option ist, desto höher ist der Wert dieser Option.

4. Die Standard Abweichung des Basiswertes bzw. Volatilität:

Je höher die Volatilität des zugrundeliegenden risikobehafteten Vermögenswerts ist, desto höher ist der Wert einer Real Option. Umso höher das Risiko einer Schwankung ist, ist der Bedarf an einer Absicherung durch eine Real Option umso größer bzw. umso mehr Gewinn können wir durch die Optionen erwirtschaften.

Dies gilt sowohl für Call Optionen als auch für die Put. Die Auszahlungen einer Option hängen nämlich von der Differenz zwischen dem Wert des Basiswerts und dem Ausübungspreis ab, und die Wahrscheinlichkeit dafür nimmt mit höherer Volatilität des Basiswerts stark zu.

Arten der Real Optionen

Grob wurden die Real Optionen in die einfachen und in die fortgeschrittenen Real Optionen unterteilt. Die fortgeschrittenen Optionen sind Variationen von einfachen Optionen. Bei diesen Arten der Optionen hängt der Optionswert vom Wert anderer Optionen ab, d.h. Option für Option.

Repräsentative Beispiele der Fortgeschrittenen Optionen sind Zusammengesetzte-, Barriere- und Wachstumsoptionen. Detaillierter wurden sie aber hier aus Zeitgründen nicht behandelt. Konzentrieren wir uns deshalb lieber auf die einfachen. Die erste Art der Real Option ist die:

- **Option Abzuwarten** (*Option to defer*)

Durch diese Option hat ein Investor die Möglichkeit (aber keine Verpflichtung), den Projektstart beziehungsweise die dafür vorgesehene Investition, um eine bestimmte Zeit zu verschieben, um in der Zukunft mehrere Informationen über das Projekt sammeln zu können.

Die Informationen, die ein Investor sammeln möchte sind typischerweise Informationen über Marktentwicklungen, z.B. lohnt sich der Bau einer Anlage oder nicht? Wird es Kunden geben, die bereit sein werden, den gewünschten Preis für die Anlage zu bezahlen oder werden die Preise der Anlagen in den nächsten Jahren in dieser Umgebung sinken?

Die Flexibilität abwarten zu können, kann sehr wertvoll sein, da man dadurch bei schlechten wirtschaftlichen Ereignissen, welche unter anderem den NPV verändern, hohe Verluste vermeiden kann. Die Option ist insbesondere dann von großem Wert, wenn gleichzeitig die Unsicherheit, große Preisschwankungen und Irreversibilität des Projekts bestehen (z.B. ein fertig ausgebautes Gebäude kann nicht mehr abgebaut werden).

Optionen abzuwarten eignet sich für firmeneigene Anlagen auf Märkten mit hohen Eintrittsbarrieren wie Patenten oder Anforderungen an spezifisches oder einzigartiges Wissen.

- **Option zur Erweiterung** (*Option to expand*)

Durch die Option zur Erweiterung hat ein Investor, sobald er in ein Projekt investiert hat, die Möglichkeit (keine Verpflichtung) seine Entscheidung in Bezug auf dieses Projekt anzupassen. Beispielsweise könnte das Unternehmen seine derzeitigen Geschäftsaktivitäten durch die Akquisition seines Wettbewerbers ausweiten.

- **Option zur Verminderung** (*Option to contract*)

Durch die Option zur Verminderung hat ein Investor, sobald er in ein Projekt investiert hat, die Möglichkeit (keine Verpflichtung) den Umfang des Projektbetriebs zu verringern, wenn ein Projekt die Produktionserwartungen nicht erfüllt.

Optionen zur Verminderung und zur Erweiterung sind beliebte Optionen bei der Einführung neuer Projekte auf unsicheren Märkten. Diese Optionen bieten Unternehmen die Möglichkeit, sich an die sich wandelnden Märkten anzupassen.

- **Option zum Abbruch** (*Option to Abandon*)

Durch die Option zum Abbruch hat ein Investor die Möglichkeit (aber keine Verpflichtung), das bestehende Projekt zu beenden und den Restwert zu bekommen, wenn die Projektumstände ungünstig werden. Daher kann man sie auch als eine Absicherung für den schlimmsten Fall sehen. Man soll sie ausüben, bevor große Verluste einfallen.

Eine Option zum Abbruch mildert die Auswirkungen sehr schlechter Investitionsergebnisse und erhöht die anfängliche Bewertung eines Projekts. Sie sind besonders nützlich bei der Einführung neuer Produkte auf unsicheren Märkten und bei Projekten, bei denen es einfach ist, von einer Ressource zur anderen zu wechseln (das gilt im Zusammenhang mit der nächsten Option und wird darum auch da genauer erklärt werden).

- **Option zur Änderung der Nutzung** (*Option to Switch Use*)

Durch die Option zur Änderung der Nutzung hat ein Investor die Möglichkeit (aber keine Verpflichtung), die Ressourcen von einem zum anderen Projekt zu verschieben. Diese kann in zwei verschiedene Klassen verteilt werden und zwar in den Tausch des Outputs und in den Tausch des Inputs. Beim Ersten modifiziert bzw. ändert ein Unternehmen sein Endprodukt je nach Änderung der Nachfrage oder Preisen. Beim Zweiten, wie schon der Name vermuten lässt, bleibt das Endprodukt gleich, doch der Vorgang, es herzustellen wurde verändert (andere Zutaten, Herstellungstechnik, usw.). Die Option zur Änderung der Nutzung ist besonders dann wertvoll, wenn die Volatilität erheblich ist.

In der Regel gibt die Firma das ursprüngliche Projekt auf und startet gleichzeitig ein neues Projekt. Deshalb tritt sie oft in Kombination mit einer Option zum Abbruch auf. Die Option zur Änderung der Nutzung ist eine komplexe Option, da eine Entscheidung zwischen zwei voneinander abhängigen Projekten getroffen werden muss, die beide mit großer Unsicherheit konfrontiert sind. Natürlich könnten die Kosten eines Tausches auch so erheblich sein, dass sich die Ausübung der Option zur Änderung der Nutzung nicht lohnen würde.

4 Vergleich der Ansätze

Im Folgenden lernen wir mittels eines Beispiels aus [LP] kennen, warum man die Real Option Analysis für eine genauere und bessere Schätzung des Projektwertes benötigt. Insbesondere konzentrieren wir uns auf die Ansätze, die wir später im Kapitel 5 für die Copeland und Antikarov Methode benötigen werden. In diesem Kapitel wird ein risikoloser Zinssatz von 8% betrachtet.

Unser Beispiel: Wir haben die Möglichkeit, in ein Projekt, für welches wir erwarten, dass es im nächsten Jahr 115 Millionen USD kosten wird, entweder sofort zu investieren oder mit der Entscheidung bis zum Ende des Jahres zu warten. Die Projekt-Cashflows sind ungewiss und weisen eine Wahrscheinlichkeit von jeweils 50 Prozent für 170 Millionen USD oder 65 Millionen USD auf (es sind also sowohl Aufwärts- als Abwärtsbewegungen möglich).

Für das Treffen von dieser Entscheidung stehen uns mehrere Ansätze zur Verfügung. Der erste, den wir uns ansehen werden, ist die NPV Analysis.

Net Present Value Analysis (NPV Analysis)

Angenommen, es gibt ein anderes Projekt, das die gleichen Risikomerkmale wie das betreffende Projekt aufweist. Die Cashflows dieser Twin Security sind mit denen des betreffenden Projekts perfekt korreliert (siehe die Tabelle 1 unten).

	unser Projekt	Twin Security
Cashflow bei der Aufwärtsbewegung (USD)	170	34
Cashflow bei der Abwärtsbewegung (USD)	65	13

Tabelle 1: Cash Flows des Projektes und seiner Twin Security in Millionen USD

Ein Marktpreis für die Twin Security beträgt 20 USD pro Aktie.

Wir werden den NPV des Projekts schätzen, indem wir ein Wertpapierportfolio erstellen, dessen Erträge die Auszahlungen unserer Projekte genau wiedergeben. Dann wenden wir das Gesetz des eindeutigen Preises an, welches besagt, dass im Falle wenn es keine Arbitrage-Preisgestaltung gibt, zwei Vermögenswerte mit der gleichen Auszahlung den gleichen Marktpreis haben müssen. Andernfalls besteht die Arbitrage-Möglichkeit (d.h. die Möglichkeit eines risikolosen Gewinnes).

Wir erstellen ein replizierendes Portfolio, dessen Auszahlungen genau in gleicher Höhe wie unser Projekt sind. Es besteht aus m Anteilen der Twin Security sowie aus B risikolosen Anleihen.

Nun wollen wir die Werte für m und B finden. Da sich dieses Portfolio in der Aufwärts- und Abwärtsbewegung auszahlt, bekommen wir zwei Gleichungen mit zwei Variablen, die wir leicht lösen können:

m ... Anteile der Twin Security

B ... Anteile der risikolosen Anleihen

r=8% ... risikoloser Zins

Nachbildung der Portfolio-Auszahlungen in der Aufwärtsbewegung:

$$m * 34 + B * (1 + r) = 170$$

Nachbildung der Portfolio-Auszahlungen in der Abwärtsbewegung:

$$m * 13 + B * (1 + r) = 65$$

Nun subtrahieren wir eine Gleichung von der anderen, um die Variable B zu eliminieren.

$$m * (34 - 13) = 170 - 65$$

$$m = \frac{(170 - 65)}{34 - 13} = 5$$

Um B zu finden, geben wir den Wert von m in eine der Gleichungen ein.

$$B = \frac{65 - (5 * 13)}{1 + 0.08} = 0$$

Jetzt können wir aus den bekannten Daten (dem Marktpreis für die Twin Security - 20 USD pro Aktie, m und B) den Wert der Twin Security ausrechnen:

Present value (PV) des replizierenden Portfolios:

$$m * 20 + B = 5 * 20 + 0 = 100 \text{ Millionen USD}$$

Nach dem Gesetz des eindeutigen Preises ist das Projekt ebenfalls 100 Millionen USD wert. Da der Aufwand im ersten Jahr jedoch 115 Millionen USD beträgt, erhalten wir mit Abzinsung des risikofreien Zinssatzes den PV von 106,48 Millionen USD zurück.

$$\frac{115 \text{ USD}}{1 + 0.08} = 106,48 \text{ Millionen USD}$$

Daraus folgt, der PV des Projektes:

$$100 \text{ USD} - 106,48 \text{ USD} = -6,48 \text{ Millionen USD}$$

Dieser ist negativ, daher wäre das Projekt abgelehnt worden. Wie wir sehen werden, würde dasselbe Projekt mit der Verwendung der sogenannten Methode des Entscheidungsbaumes aber anders bewertet werden.

Entscheidungsbaum Analysis

Die Analyse des Entscheidungsbaumes ermöglicht es, eine Investition so weit in die Zukunft zu verschieben, bis im Laufe der Zeit mehr Informationen über die jeweiligen Projekt-Cashflows verfügbar werden und erst dann eine Entscheidung zu treffen (die sogenannte Option Abzuwarten).

	unser Projekt	Investition	Netto	Wert der Option Abzuwarten
Cashflow bei Aufwärtsbewegung (USD)	170	115	170 - 115 =55	$V_{up} := \max(55,0) = 55$
Cashflow bei Abwärtsbewegung (USD)	65	115	65 - 115 =-50	$V_{down} := \max(50,0) = 0$

Tabelle 2: Barauszahlungen für Verschiebungen

Der NPV eines Projekts (dem das Recht zum Aufschub erteilt wurde) wird durch Abzinsung der erwarteten Cashflows mittels WACC berechnet. Der WACC ist der durchschnittliche Kapitalkostensatz für bestehende Projekte und Aktivitäten des Unternehmens und der angemessene Abzinsungssatz für Cashflows mit einem Risiko, welches dem des Gesamtunternehmens ähnlich ist.

- q ... Wahrscheinlichkeit für eine Aufwärtsbewegung
- $(1-q)$... Wahrscheinlichkeit für eine Abwärtsbewegung

Die Wahrscheinlichkeiten q und $(1-q)$ werden angewandt, um den NPV des Projekts zu bestimmen und stellen reale Wahrscheinlichkeiten dar, nicht die risikoneutralen.

Um den NPV ausrechnen zu können, benötigen wir den WACC. Diesen können wir basierend auf der Grundlage der vorher erwähnten Twin Security folgenderweise ausrechnen:

Der aktuelle Wert für einen Anteil der Twin Security beträgt $V_0 = 20$ Millionen USD, der Wert im oberen Zustand $V_u = 34$ Millionen USD und der Wert im unteren Zustand $V_d = 13$ Millionen USD:

$$V_0 = \frac{q * V_u + (1 - q) * V_d}{1 + WACC}$$

Nach dem Umformen bekommen wir:

$$WACC = \frac{q * V_u + (1 - q) * V_d}{V_0} - 1 = \frac{0.5 * 34 + (1 - 0.5) * 13}{20} - 1 = 17.5\%$$

Mithilfe diesen berechnen wir nun den NPV (wobei V_{up} und V_{down} aus der Tabelle 2):

$$NPV = \frac{q * V_{up} + (1 - q) * V_{down}}{1 + WACC} = \frac{0.5 * 55 + 0.5 * 0}{1 + 17.5\%} = \frac{0.5 * 55 + 0.5 * 0}{1 + 17.5\%} = 23.40 \text{ Millionen USD}$$

Durch die Option Abzuwarten steigt der NPV des Projekts von -6,48 auf 23,40 Millionen USD. Daher beträgt der Wert der Verschiebungsoption nach diesem Ansatz $23,40 - (-6,48) = 29,88$ Millionen USD.

Das Problem dieses Ansatzes ist, dass er nur für eine 50:50-Chance funktioniert, d.h. dass der WACC von 17,5% nur für eine 50:50-Chance angemessen ist. Andernfalls verstößt es gegen das Gesetz des eindeutigen Preises. Wie aber schon in der obigen Tabelle dargestellt, sind die Cashflows des Projekts (55 USD und 0 USD) nicht perfekt mit den Cashflows des Projekts (170 USD und 65 USD) korreliert.

Um die Verletzung des Gesetzes des eindeutigen Preises zu vermeiden, benötigen wir die Real Option Analysis.

Real Option Analysis

Hier wird der Replikationsportfolio-Ansatz besprochen, ein Zahlungsanspruchsansatz zur Bewertung riskanter Investitionsprojekte unter Verwendung der Real Optionen, der in der Copeland und Antikarov Methode verwendet wird.

Hierfür erstellen wir ein Replikationsportfolio, welches ähnlich dem von NPV ist, mit dem Unterschied, dass dessen Auszahlungen mit denen der Option Abzuwarten identisch sein müssen. Da sich unser Replikationsportfolio aus m Aktien von 20 Millionen USD je Aktie und B USD der risikofreien Anleihe zusammensetzt, deren PV je Anleihe 1 USD beträgt, erhalten wir:

Nachbildung der Portfolio-Auszahlungen in der Aufwärtsbewegung:

$$m * 34 + B * (1 + r) = 55$$

Nachbildung der Portfolio-Auszahlungen in der Abwärtsbewegung:

$$m * 13 + B * (1 + r) = 0$$

Die Vorgehensweise ist nun genauso wie oben, also subtrahieren wir eine Gleichung von einer Anderen, um die B -Variable zu eliminieren.

$$m * (34 - 13) = 55 - 0$$

$$m = \frac{(55-0)}{34-13} = 2.62$$

Um B zu finden, geben wir nun den Wert von m in eine der Gleichungen ein.

$$B = \frac{55 - (2.62 * 34)}{1 + 8\%} = -31.56$$

Dies bedeutet, dass wir 2,62 Aktien der Twin Security kaufen und uns 31.56 Millionen USD leihen. Nun können wir den Wert des replizierenden Portfolios durch den Preis einer Aktie der Twin Security (20 Millionen USD) ableiten.

PV des replizierenden Portfolios: $m * 20 + B = 2.62 * 20 - 31.56 = 20.84$ Millionen USD

Der Wert der Flexibilität aufgrund der Option Abzuwarten beträgt $20,84 - (-5,48) = 27,32$ Millionen USD, im Gegensatz zum erhaltenen Wert von 29,88 USD nach dem Ansatz der Entscheidungsbaumanalyse.

Anmerkung: Ein Nachteil von ROA unter Verwendung des Zahlungsanspruches ist, dass jeder Zahlungsanspruch nur auf vollständigen Märkten perfekt reproduzierbar ist, was in der Praxis nicht immer der Fall ist. Deshalb kann der Zahlungsanspruchsansatz nicht immer für Reale Optionen angewandt werden.

5 Copeland und Antikarov

Dieses Modell ist laut [LP] sehr beliebt unter den Anwendern und ist eine Kombination von drei Ansätzen für die Preisfestlegung der Real Optionen: der Dynamische Programmierung, der Zahlungsansprüche und der Monte Carlo Simulation. Für eine bessere Vorstellung werden wir uns hier die Methode anhand des aus [LP] übernommenen Beispiels ansehen. Da aber noch nichts über die Ansätze für die Preisfestlegung einer Real Option gesagt wurde, sehen wir uns erst diese genauer an.

Drei Ansätze für die Preisfestlegung der Real Optionen

Für die Preisermittlung bzw. Preisfestlegung der Real Optionen gibt es unterschiedlichste Ansätze. Diese werden wie schon erwähnt wie folgt kategorisiert:

- Dynamische Programmierung (*auf Englisch Dynamic programming*)
- Zahlungsansprüche (*auf Englisch Contingent claims*)
- Monte Carlo Simulation

Jeder dieser Ansätze enthält mehrere Methoden, mit denen Real Optionsprobleme auf unterschiedlichste Art und Weise angegangen werden. Hier ist insbesondere eine Unterscheidung zwischen den analytischen und den numerischen Methoden wichtig.

Bei beiden geht es um das Lösen eines mathematischen Modelles, das vereinfacht die realen/echten Lebenssysteme bzw. ihr Verhalten mittels mathematischer Strukturen (z.B. Differentialgleichungen) simuliert. Der Unterschied liegt nur darin, wie man zur Lösung des Modelles kommt. Man kann nämlich das Modell entweder mathematisch mittels Verwendung der Trigonometrie, Analysis, Differentialgleichungen und anderen mathematischen Strukturen lösen, in diesem Fall spricht man von einer analytischen Methode, oder mit dem Wiederholen einer Simulation und Ableiten von erhaltenen Daten, womit man eine näherungsweise Lösung bekommt, d.h. das Lösen mithilfe einer numerischen Methode. Da mathematisches bzw. analytisches Lösen oft zu allzu komplexen mathematischen Verfahren führt, wurden in der Praxis die numerischen Methoden öfter als die analytischen Methoden verwendet.

Da wir die letzten zwei Ansätze schon in den anderen Lehrveranstaltungen, wie zum Beispiel Einführung in die Statistik und Finanzmathematik 1: diskrete Modelle gut kennengelernt haben, setzen wir diese Kenntnisse voraus und widmen uns nun nur dem ersten Ansatz (basierend auf [W4], [W5] und [LP]).

Dynamische Programmierung

Der Ansatz der dynamischen Programmierung ist eine Methode zum Lösen eines komplexen Optimierungsproblems durch Aufteilung in Teilprobleme.

Hier besteht eine Entscheidung über das Kapitalbudget aus einer Folge von Entscheidungen, die Stufen genannt werden, wobei jede Stufe eine optimale Lösung liefert. Aufgrund der gegenseitigen Abhängigkeit zwischen den sequentiellen Stufen hat die Entscheidung auf einer Stufe eine direkte Konsequenz für die Entscheidung auf der nächsten Stufe. Dabei stellt sich die Frage, wie eine optimale Entscheidungsfolge aussehen sollte und wie sie gefunden werden kann.

Durch kurze Überlegung kommt man dazu, dass eine optimale Entscheidungsfolge am besten durch die Eigenschaft beschrieben wurde, dass, wie auch immer der Anfangszustand war und die erste Entscheidung ausfiel, die verbleibenden Entscheidungen ebenfalls eine optimale Entscheidungsfolge bilden müssen, betrachtet über alle möglichen Entscheidungsfolgen, deren Anfang bei dem Zustand liegt, der aus der ersten Entscheidung resultiert.

Diese Eigenschaft wurde mit der Anwendung der sogenannten Rückwärtsinduktion erfüllt. Um die Gewinnmaximierungsentscheidung bestimmen zu können, arbeiten wir nämlich rückwärts vom Endknoten bzw. vom letzten Entscheidungsknoten zum Anfangsknoten bzw. zum ersten Entscheidungsknoten und vergleichen den erwarteten Fortsetzungswert mit dem aktuellen Wert, damit wir die beste Option/Möglichkeit für die vorherigen Knoten wählen können. Mit diesem iterativen Durchgang gehen wir dann durch alle Knoten und erhalten somit unsere Lösung als die richtige Kombination der Teillösungen.

Annahmen an das Copeland und Antikarov Modell

- es wird mit einem risikolosen Zinssatz von 5% gerechnet
- es wird die von Cox entwickelte spezielle Struktur von rekombinierbaren Bäumen verwendet, um das Aktienkursverhalten zu modellieren. Der Aktienkursbaum wird als Basiswert für die Ermittlung des Optionswerts verwendet. Für die Aufwärts- und Abwärtsbewegungen wurden die folgenden Faktoren wie bei einem Binomialbaum von Cox, Ross und Rubinstein verwendet, womit der Aktienkurs einem Random Walk folgt:

$$u = e^{\sigma\sqrt{t}} \quad (\text{für Aufwärtsbewegung}) \quad \text{und} \quad d = \frac{1}{u} \quad (\text{für Abwärtsbewegung})$$

- Beweis vom Samuelson: alle unterschiedlichen Unsicherheiten, wie z. B. Nachfrage- oder Preisunsicherheit, können zu einer einzigen Unsicherheit zusammengesetzt werden. Diese Unsicherheit ist die Rendite, die einem Random Walk (einer brownischen Bewegung) folgt, wie schon oben erwähnt.
- Market Asset Disclaimer Annahme (MAD-Annahme): der Wert des Projekts ohne Flexibilität ist die beste Schätzung, die als zugrundeliegender Projektwert dient, um den Wert des Projekts mit Flexibilität zu bestimmen.
- die Volatilität bleibt zu jeder Zeit konstant
- der Free Cashflow innerhalb desselben Jahres stellt einen festen Prozentsatz des PVs des Projekts dar, womit die Rekombination des Baumes enthalten wird.

Vorgehensweise bei der Copeland und Antikarov Methode

Das Verfahren zur Ermittlung des Projektwerts mit der Methode von Copeland und Antikarov besteht aus vier Schritten:

- Der erste Schritt besteht darin, den Wert des Projekts ohne Flexibilität zu bestimmen.
- Den zweiten Schritt teilen wir in zwei Unterschritte auf. Im ersten Unterschritt werden die wichtigsten Risikotreiber identifiziert, die den Wert eines Projekts bestimmen. Anschließend werden sie quantifiziert und aufgrund des Beweises von Samuelson über eine Monte-Carlo-Simulation zu einer einzigen Unsicherheit zusammengefasst. Im zweiten Unterteil wird die Volatilität verwendet, um die Aufwärts- und Abwärtsbewegung des Ereignisbaums zu bestimmen.
- Im dritten Schritt werden die Optionen zum Ereignisbaum hinzugefügt und ein Entscheidungsbaum erhalten (wenn wir dem Ereignisbaum Entscheidungspunkte hinzufügen, wird er nämlich zu einem Entscheidungsbaum) und letztlich
- muss im vierten Schritt der Entscheidungsbaum anhand des Replikationsportfolio-Ansatzes durchgearbeitet werden, um den tatsächlichen Optionswert des Projekts zu ermitteln.

Beispiel des Portes:

Porte entwickelt eine Wiederherstellungssoftware und erwägt, die Software direkt auf dem Business-to-Business-Markt im Internet zu verkaufen. Da der Business-to-Business-Markt in den USA jedoch gesättigt ist, wurde beschlossen, seine Software in Frankreich zu verkaufen, wo die Nachfrage nach derselben Software enorm ist und der Business-to-Business-Markt nicht gesättigt ist.

Darüber hinaus sieht Portes auch noch andere Möglichkeiten. Sie entwickeln eine andere Software, die mit der vorhandenen Software kompatibel ist. Wenn der Verkauf der Wiederherstellungssoftware den Erwartungen entspricht, könnte Portes entscheiden, die zusätzliche Software auch im Internet zu verkaufen. Da diese Entscheidung nur dann gefällt wird, wenn die Verkäufe erfolgreich sind, minimieren sie das durch die zusätzliche Investition verursachte Abwärtsrisiko. Sie erstellen ihre eigenen Optionen, um warten zu können, bis weitere Informationen verfügbar sind. Eine andere Möglichkeit wäre, die gesamte Internet-Verkaufsplattform zu verkaufen, falls dies nicht rentabel ist.

Aus der NPV-Analyse geht hervor, dass die Einnahmen die anfänglichen Kosten von 35 Millionen USD nicht ausgleichen, da dieses Projekt einen negativen NPV von 318 000 USD zur Folge hat, wie wir später sehen werden.

Wegen aller möglichen Gelegenheiten hat sich Porte entschieden, das Konzept der Optionen nach der Methode von Copeland und Antikarov in seine Berechnungen einzubeziehen, um zu überprüfen, ob das Projekt trotz eines negativen NPVs doch rentabel ist oder nicht.

Wie schon oben erwähnt, besteht die Methode von Copeland und Antikarov aus vier Schritten, die wir uns hier einen nach dem anderem genauer ansehen werden. Bevor wir aber mit dem ersten Schritt, also mit der Bestimmung der NPV beginnen, interessieren uns die Daten, mit denen wir arbeiten.

Gegebene Daten:

- der Zinsrate $i=13.8837\%$
- das Abzinsungsfaktor $v = \frac{1}{1+i} = 87.8089\%$
- die Anfangsinvestition 35.000 USD
- die Volatilität der Rendite 0.30
- Fortführungswert des Projektes ab dem siebten Jahr beträgt 50.960 USD
- und der Free Cash-Flow des Projektes (weiter als FCF bezeichnet):

	year 1	year 2	year 3	year 4	year 5	year 6
FCF	3.400	3.527	3.639	3.733	3.804	3.920

Tabelle 3: Free Cash Flows des Projektes in USD vom Portes Beispiel

Bemerkung: Alle Zahlen mit der USD Einheit wurden in diesem Kapitel in tausend betrachtet.

Erläuterung:

- Der Fortführungswert stellt alle Zahlungsströme nach dem 6. Jahr dar und kann daher auf der Grundlage des 7. Jahres abgezinst werden.
- Der Free Cash-Flow ist der frei verfügbare Cash-Flow. Er verdeutlicht, wie viel Geld für die Dividenden der Aktionäre bzw. Gesellschafter oder für eine fällige Rückführung der Fremdfinanzierung verbleibt (nach [CP]).
- Der Discounted-Cash Flow ist eine Bewertungsmethode, die den Wert einer Investition aufgrund ihrer zukünftigen Cash-Flows einschätzt. Der PV der erwarteten zukünftigen Zahlungsströme wird hier unter Anwendung eines Abzinsungssatzes ermittelt. Eine PV-Schätzung wird dann verwendet, um eine potenzielle Investition zu bewerten. Wenn der durch Discounted-Cash-Flow berechnete Wert höher ist als die aktuellen Investitionskosten, sollte die Gelegenheit in Betracht gezogen werden (nach [JC]).

1. Bestimmung des NPVs

Zuerst berechnen wir den PV mithilfe eines Discounted-Cashflow-Bewertungsmodells:

$$\begin{aligned} PV(\text{year } 0) &= \sum_{k=1}^6 FCF(\text{year } k) * v^k + \text{Fortführungswert} * v^7 = \\ &= 3.400 * 87.8089\%^1 + 3.527 * 87.8089\%^2 + 3.639 * 87.8089\%^3 + \\ &\quad 3.733 * 87.8089\%^4 + 3.804 * 87.8089\%^5 + 3.920 * 87.8089\%^6 + \\ &\quad 50.960 * 87.8089\%^7 = 34.682 \end{aligned}$$

Nun kennen wir sowohl den PV als auch die Anfangsinvestition und erhalten wir den NPV wie folgt:

$$\begin{aligned} NPV &= PV(\text{year } 0) - \text{Anfangsinvestition} \\ &= 34.682 - 35.000 = -318 \text{ USD} \end{aligned}$$

Damit haben wir den NPV des Projektes -318 USD, den wir später mit dem erhaltenen Real Optionswert vergleichen werden (um zu sehen, ob sich die Betrachtung der Real Optionen in diesem Projekt lohnt oder nicht) und den Ausgangswert des Baumes, womit wir auf den nächsten Schritt übergehen können.

2. Hinzufügung der Unsicherheit & Ereignisbaum

Dieser Schritt ist wie schon erwähnt in zwei Unterschritte unterteilt. Der erste Unterschritt (Identifikation der wesentlichen Risiken, Zusammensetzung zu einer einzelnen Unsicherheit und danach die Berechnung der Standard Abweichung der Rendite) ist hier uns erspart, da die Volatilität der Rendite 0.30 schon gegeben ist. Somit können wir sofort mit dem zweiten Unterteil fortsetzen und die Aufwärts- und Abwärtsbewegungen des Ereignisbaums bestimmen.

Mit der Annahme, dass die Volatilität zu jeder Zeit konstant bleibt, folgt für das erste Jahr:
 $u = e^{\sigma\sqrt{t}} = e^{0.3\sqrt{1}} = 1,35$ (für Aufbewegung) & $d = \frac{1}{u} = 0,74$ (für Abbewegung)

PV (year 0) = 34.682 USD (aus dem ersten Schritt)

PV (year 1) = 34.682 USD * (1+i) = 34.682 USD * 1,138837 = 39.497 USD

Nach Abzug des Free Cashflows wird der PV des Projekts:

PV (year 1) – FCF (year 1) = 39.497 USD – 3.400 USD = 36.097 USD

Beginnend mit dem 2. Jahr werden wir die Analyse auf mehr als einen Zweig ausdehnen:

der Wert für die Aufwärtsbewegung: 36.097 USD * u = 36.097 USD * 1,35 = 48.726 USD

der Wert für die Abwärtsbewegung: 36.097 USD * d = 36.097 USD * 0,74 = 26.741 USD

Da normalerweise der Baum, wenn der FCF enthalten ist, nicht mehr rekombiniert, haben wir angenommen, dass der FCF innerhalb desselben Jahres einen festen Prozentsatz des PVs des Projekts darstellt. Dadurch bleibt die Rekombination des Baumes enthalten, wie wir später nachweisen werden.

Für den Prozentsatz wählen wir: $= \frac{\text{FCF (year t)}}{\text{PV (year t)}}$

z.B. für t=2: $\frac{\text{FCF (year 2)}}{\text{PV (year 2)}} = 9,4\%$ (weiter siehe Tabelle 4)

	year 1	year 2	year 3	year 4	year 5	year 6
PV	36.097	37.582	39.161	40.865	42.734	44.747
FCF	3.400	3.527	3.639	3.733	3.804	3.920
FCF as % of PV	9,40%	9,40%	9,30%	9,10%	8,90%	8,80%

Tabelle 4: FCF als % von PV

Nach der Auszahlung des FCFs wird die PV des Projekts:

- in der Aufwärtsbewegung 48.726 USD * (1 – 9,4%) = 44.153 USD und
- in der Abwärtsbewegung 26.741 USD * (1 – 9,4%) = 24.232 USD sein.

Wir folgen dieser Prozedur bis der Ereignisbaum nicht vervollständigt ist (siehe Abbildung 1, wobei der obere Wert der PV inklusive FCF ist und der untere Wert der PV exklusive FCF).

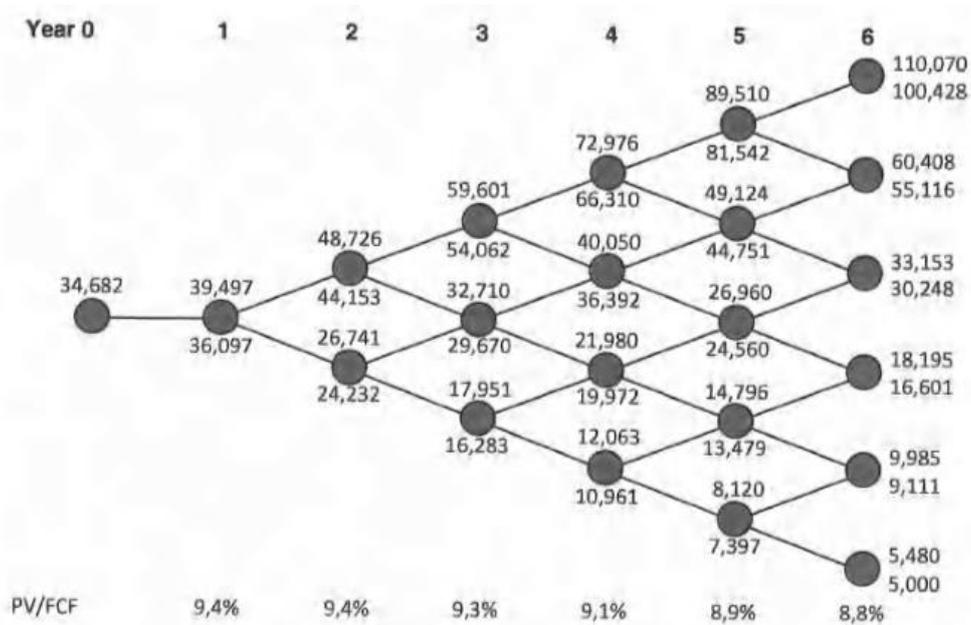


Abbildung 1: der Ereignisbaum der PV vom Portes Beispiel.

Wir können leicht überprüfen, ob der Ereignisbaum weiterhin rekombiniert. Dies bedeutet, dass wir im Baum durch unterschiedliche Kombinationen von Auf- und Abwärtsbewegungen den gleichen Wert erreichen können. Zum Beispiel ist im dritten Jahr der Wert, den wir durch eine Aufwärtsbewegung gefolgt von einer Abwärtsbewegung erhalten gleich dem Wert einer Abwärtsbewegung gefolgt von einer Aufwärtsbewegung. Das erscheint trivial, wenn wir uns beide Formeln ansehen:

$$\text{Wert rauf – runter: } 36.097 \text{ USD} * u * (1 - 9,4\%) * d$$

$$\text{Wert runter – rauf: } 36.097 \text{ USD} * d * (1 - 9,4\%) * u$$

Wenn wir einen unterschiedenen Prozentsatz für den Free Cashflow für die Auf- und Abwärtsbewegung des Projektwerts verwendet hätten, würde dies zu einem anderen PV und zu einem nicht rekombinierenden Baum führen.

Darüber hinaus wird die Auf- und Abwärtsbewegung eines rekombinierenden Binomialbaums neutralisiert und der einzige Unterschied im PV des Projekts wird durch den FCF verursacht.

Unter der Verwendung des Zusammenhangs $u = 1 / d$, kann man das leicht sehen:

$$\begin{aligned} 36.097 \text{ USD} * u * (1 - 9,4\%) * d &= 36.097 \text{ USD} * \left(\frac{1}{d}\right) * (1 - 9,4\%) * d \\ &= 36.097 \text{ USD} * (1 - 9,4\%) \end{aligned}$$

Jetzt haben wir die Volatilität in das Modell bzw. in einen Ereignisbaum integriert und damit ist der zweite Schritt erledigt.

3. Entscheidungsbaum

Hier ist unser Ziel die zusätzlichen Optionen, die der Verwaltung zur Verfügung stehen, in das Modell einzubeziehen. Deshalb stellt sich zuerst die Frage, welche das sind. Das Beispiel vom Porte identifiziert zwei Optionen:

- Eine Option zum Abbruch: Die gesamte Internet-Verkaufsplattform des Unternehmens kann jederzeit für 15 Millionen USD verkauft werden
- Eine Option zur Erweiterung: Wenn der Verkauf der Wiederherstellungssoftware den Erwartungen entspricht, d.h. den Cashflow des Unternehmens sich um 30% erhöht, könnte noch eine zusätzliche Software eingeführt werden, die 10.5 Millionen USD kosten würde.

Der Ereignisbaum im zweiten Schritt hatte genau einen PV des Projekts an jedem Knoten. Das ändern wir in diesem Schritt, da wir nun an jedem Knoten drei Werte für das Projekt benötigen: den Wert der Fortsetzung, den Wert einer Option zum Abbruch und den Wert einer Option zur Erweiterung. Wir möchten nämlich eine gewinnmaximierende Entscheidung treffen, d.h. die Entscheidung, die den höchsten Wert der drei Optionen darstellt (Fortsetzen, Abbrechen oder Erweitern).

Der Verkaufswert beträgt 15 Millionen USD und der Expansionswert $(1 + 30\%)$ mal die Fortsetzung des Projekts minus die Kosten der zusätzlich eingeführten Software, die 10,5 Millionen USD betragen. Um die Strategie zu finden, die die Rentabilität maximiert, müssen wir den Wert für die Fortsetzung des Projekts für jeden Knoten des Baumes ermitteln. Dies geschieht im vierten Schritt, in dem wir den Binomialbaum mithilfe des replizierenden Portfolio-Ansatzes rückwärts durcharbeiten, um den Wert der Fortsetzung zu ermitteln. Dabei muss angemerkt werden, dass wir in diesem Schritt keinen separaten Baum dargestellt haben. Stattdessen bauen wir ihn direkt im vierten Schritt auf.

4. Real Option Analysis

Nachdem wir die drei Real Optionen identifiziert haben, die das Management ausüben kann, können wir den Entscheidungsbaum rückwärts durchlaufen und die Replikationsmethode zur Berechnung des realen Optionswerts an jedem Knoten verwenden. Damit ermitteln wir schließlich den Wert des gesamten Projekts mit Flexibilität zum Erweitern, Fortsetzen und Abbrechen. Daher werden sowohl die Unsicherheit als auch die Optionen in den Wert des gesamten Projekts einbezogen.

Beginnend mit den Endknoten, exakter im 6. Jahr, demonstrieren wir die Berechnung des oberen Zustands, der nur Aufwärtsbewegungen enthält. Der PV des Projekts nach Auszahlung des FCFs beträgt 100.428 USD. Dies ist der Wert für die Fortsetzung des Projekts, wie in der Abbildung 1 dargestellt. Daher ist der Erweiterungswert an diesem Knoten:

$$100.428 \text{ USD} * (1 + 30\%) - 10.500 \text{ USD} = 120.056 \text{ USD}$$

und der Wert des Abbrechens: 15.000 USD.

Da wir auf der Suche nach dem gewinnmaximierenden Wert sind, nehmen wir das Maximum dieser Werte:

$$\text{Max}(100.428 \text{ USD}, 120.056 \text{ USD}, 15.000 \text{ USD}) = 120.056 \text{ USD}$$

Daraus folgt, dass wir an diesem Knoten die Real Option zum Erweitern gewinnmaximierend wäre, wobei man aufpassen muss, weil dieser Wert noch nicht der Gesamt-PV des Projekts an diesem Knoten darstellt. Diesen setzt sich folgenderweise zusammen: der maximale PV zuzüglich der FCF. Den Wert des FCF können wir im Ereignisbaum (Abbildung 1) finden, indem wir die Differenz zwischen dem Wert von PV vor der Auszahlung des FCF und dem Wert von PV nach der Auszahlung des FCF betrachten:

$$120.056 \text{ USD} + (110.070 \text{ USD} - 100.428 \text{ USD}) = 129.699 \text{ USD}$$

und das ist genau der Wert, der in der Abbildung 2 gefunden werden kann (wobei der obere Wert wieder inklusive FCF und unterer Wert exklusive FCF ist).

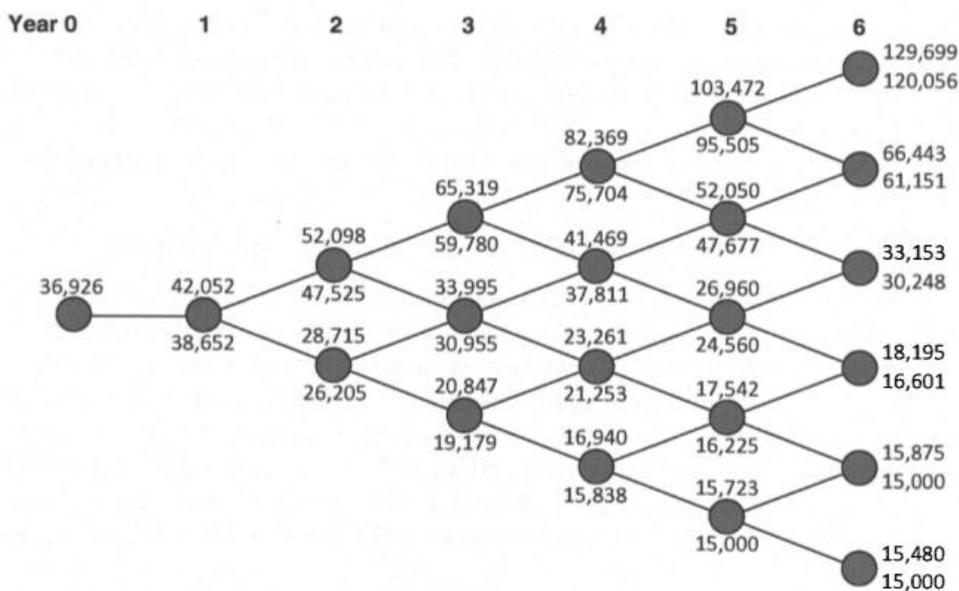


Abbildung 2: Realer Optionswertebaum vom Portes Beispiel

Wir werden den Prozess der Rückwärtsinduktion der dynamischen Programmierung anhand des Replikationsportfolio-Ansatzes für den oberen Knoten im fünften Jahr veranschaulichen. Der reale Optionswert für diesen Knoten ist 103.472 USD, der in der Abbildung 2 dargestellt ist. Zur Veranschaulichung zeigen wir einige Elemente aus der Abbildungen 1 und 2 wieder.

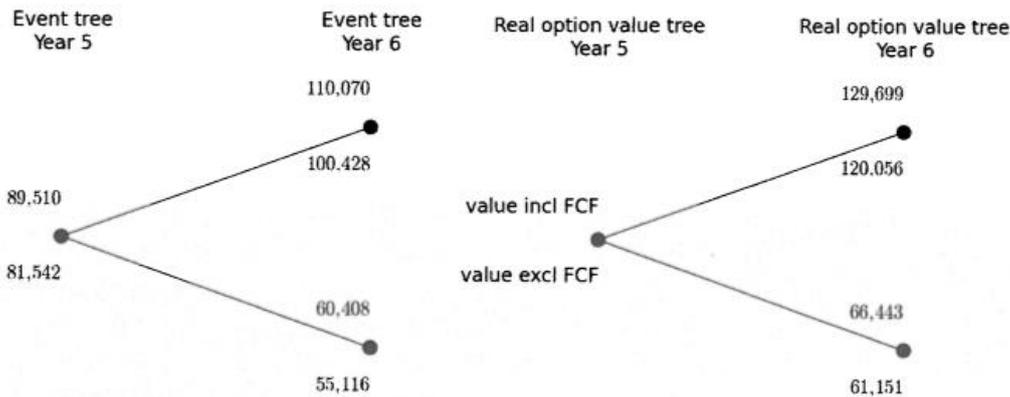


Abbildung 3: relevante Teile des Ereignisbaums und des Realoptionswertbaums

Wir beginnen mit der Berechnung des Wertes ohne den FCF, für den wir den Replikationsportfolio-Ansatz verfolgen, der im vierten Kapitel vorgestellt wurde

$$m = \frac{129.699 \text{ USD} - 66.443 \text{ USD}}{110.070 \text{ USD} - 60.408 \text{ USD}} = 1.27$$

$$B = \frac{129.699 \text{ USD} - m * 110.070 \text{ USD}}{e^{0.05}} = \frac{129.699 \text{ USD} - 1.27 * 110.070 \text{ USD}}{e^{0.05}} = -9987.91$$

$$\begin{aligned} \text{Value excl FCF} &= m * 81.542 \text{ USD} + B = 1.27 * 81.542 \text{ USD} + (-9987.91) \\ &= 93.570 \text{ USD} \end{aligned}$$

Damit ist uns der Wert des Fortsetzens des Projektes bekannt und wir können die Strategie wählen, die die Rentabilität maximiert.

Der Wert der Erweiterung ist:

$$81.542 \text{ USD} * (1 + 30\%) - 10.500 \text{ USD} = 95.505 \text{ USD}$$

und der Wert des Abbrechens immer noch 15.000 USD.

Nach dem gewinnmaximierenden Wert dieses Knotens folgt an dieser Stelle eine Erweiterung:

$$\text{Max}(93.570 \text{ USD}, 95.505 \text{ USD}, 15.000 \text{ USD}) = 95.505 \text{ USD}$$

Daraus können wir den Wert des Projekts einschließlich FCF ableiten, wobei der FCF aus der Abbildung 3 berechnet wurde:

$$95.505 \text{ USD} + (89.510 \text{ USD} - 81.542 \text{ USD}) = 103.472 \text{ USD}$$

Diesen Vorgang wiederholen wir solange bis wir im ersten Jahr einen realen Optionswert von 42.052 USD erhalten, wie in der Abbildung 2 steht.

Wenn dieser Wert auf das Jahr 0 abgezinst wird, ergibt sich für das nullte Jahr ein Betrag von

$$\frac{42.052 \text{ USD}}{(1 + 0.138837)} = 36.926 \text{ USD}$$

nach Abzug der Kosten von 35 USD wird der Real Optionswert:

$$36.926 \text{ USD} - 35.000 \text{ USD} = 1.926 \text{ USD}$$

Also ein positiver realer Optionswert, der mehr als 2 Millionen USD höher ist als der NPV von – 318 USD (Erinnerung: alle Zahlen mit der USD Einheit wurden in diesem Kapitel nämlich in tausend betrachtet). Das heißt, dass die Flexibilität den Wert des Projekts um 2 Millionen USD erhöht hat, also wäre die Verwendung der Real Optionen für die Entscheidung, dieses Projekt entweder abzulehnen oder anzunehmen, besser geeignet als lediglich die traditionelle NPV Analysis.

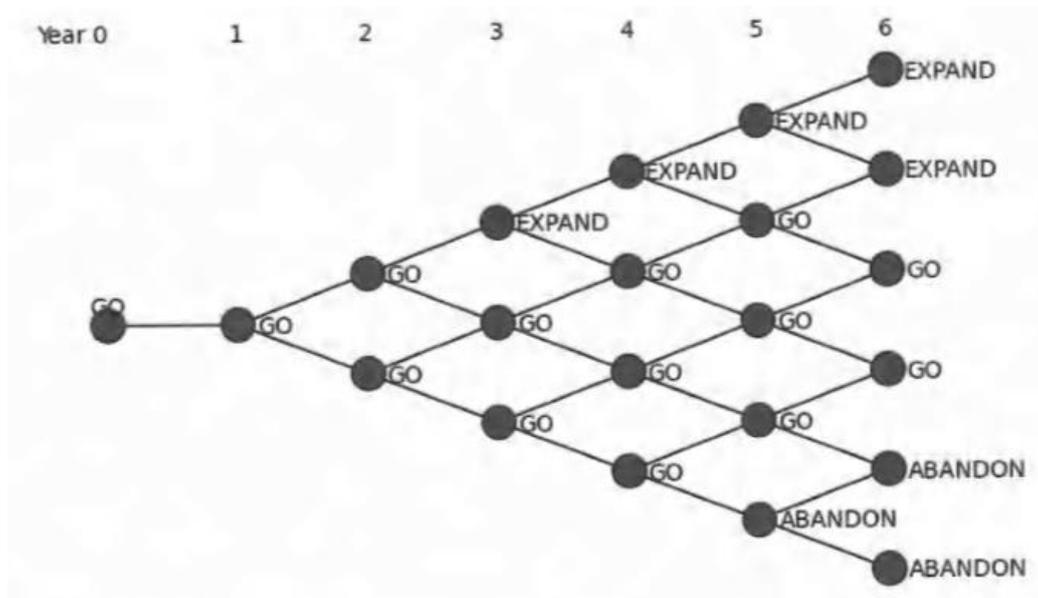


Abbildung 4: Darstellung der optimalen Entscheidungen, die sich aus der Analyse der Real Optionen ergeben

6 Conclusio

Vorteile der Real Option Analysis

Real Options Analysis erkennt die Tatsache, dass viele Projekte eingebettete Optionen enthalten. Überdies stellt sie die entsprechenden Tools zur Verfügung, um diese Optionen richtig zu berücksichtigen und korrekt zu bewerten. Genau das ist der wesentliche Punkt, der die Real Options Analysis von den traditionellen Kapitalbudgettechniken unterscheidet. Diese nehmen nämlich jede Entscheidung über ein Projekt als permanent und unumkehrbar an, und, erhalten damit keine Möglichkeit, den Verlauf eines Projektes in der Zukunft zu steuern. Somit unterschätzen sie das Ausmaß der Unsicherheiten und ihre Auswirkungen.

Real Options Analysis unterstützt die Manager und Investoren beim Umgang mit verschiedenen Unsicherheiten und hilft ihnen, ihre strategischen Ziele zu formulieren und zu erreichen. Sie bietet die Flexibilität des Managements, Anpassung und Überarbeitung von Entscheidungen angesichts unerwarteter Veränderungen auf dem Markt. Dadurch minimiert sie potentielle Verluste und maximiert Gewinne. Da die Flexibilität bei Real Optionen enthalten ist, wird mit ihrer Verwendung viele Projekte, die sich bei der Bewertung mit alten traditionellen Kapitalbudgettechniken als unprofitabel herausstellen, doch als wertvoll, würdig bezeichnet und werden angenommen.

Nachteile der Real Option Analysis

- Komplexität:

Die Real Option Analysis ist für den Anwender aufgrund komplexer Mathematik relativ schwierig zu verstehen. Da sie die geometrischen Reihen und andere mathematischen Strukturen unverständlich finden, möchten sie die Real Option Analysis nicht anwenden (Leute benutzen nicht gerne etwas, was sie nicht verstehen). Darum bevorzugen sie die traditionellen Bewertungsmethoden, die relativ einfach sind und für sie keine „Black Box“ darstellen.

- Lücken zwischen der Theorie und der Praxis:

Die Real Option Analysis basiert auf der Logik der Finanzoptionen. Jedoch entsprechen die Annahmen, die für finanzielle Bewertungsoptionen gelten, nicht unbedingt auch den Real Optionen. Oft passiert es deshalb, dass diese Modelle die Perfektion statt der wirtschaftlichen Realität widerspiegeln. Z.B. Unrealistische Annahme der Copeland und Antikarov Methode: Die Rendite soll immer dem stochastischen Prozess Random Walk folgen.

Der Ansatz der abwartenden Haltung (auf Englisch the wait and see approach) ist manchmal auch keine optimale Lösung, weil Timing in den artigen Situationen entscheidend sein kann. Es kann zum Beispiel sein, dass ein Mitbewerber schneller reagiert und die Gelegenheit, ein rentables Projekt zu erhalten, dann vorbei ist. Darüber hinaus kann die Erfassung von Informationen eine große Investition erfordern, die keinen Mehrwert bringt.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: der Ereignisbaum der PV vom Portes Beispiel.....	18
Abbildung 2: Realer Optionswertebaum vom Portes Beispiel.....	20
Abbildung 3: relevante Teile des Ereignisbaums und des Realoptionswertbaums.....	21
Abbildung 4: Darstellung der optimalen Entscheidungen, die sich aus der Analyse der Real Optionen ergeben	22

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Cash Flows des Projektes und seiner Twin Security in Millionen USD.....	8
Tabelle 2: Barauszahlungen für Verschiebungen	10
Tabelle 3: Free Cash Flows des Projektes in USD vom Portes Beispiel	15
Tabelle 4: FCF als % von PV	17

9 Abkürzungsverzeichnis

PV	_____	Present value
NPV	_____	Net present value
WACC	_____	weighted average cost of capital
FCF	_____	Free Cash-Flow
bzw.	_____	beziehungsweise
z.B.	_____	zum Beispiel
d.h.	_____	das heißt

10 Literaturverzeichnis

[LP] Peters, Linda. Real Options Illustrated. Springer, 2016.

[W1] “Real Options Valuation.” Wikipedia, Wikimedia Foundation, 8 July 2019, en.wikipedia.org/wiki/Real_options_valuation#History.

[W2] “Irving Fisher.” Wikipedia, Wikimedia Foundation, 5 June 2019, en.wikipedia.org/wiki/Irving_Fisher.

[W3] “Stewart Myers.” Wikipedia, Wikimedia Foundation, 23 Feb. 2019, en.wikipedia.org/wiki/Stewart_Myers.

[W4] “Rückwärtsinduktion.” Wikipedia, Wikimedia Foundation, 12 July 2019, de.wikipedia.org/wiki/Rückwärtsinduktion.

[W5] “Optimalitätsprinzip Von Bellman.” Wikipedia, Wikimedia Foundation, 24 June 2017, de.wikipedia.org/wiki/Optimalitätsprinzip_von_Bellman.

[CP] “Free Cash Flow.” www.controllingportal.de/Fachinfo/Grundlagen/Kennzahlen/Free-Cash-Flow.html.

[JC] Chen, James. “Understanding Discounted Cash Flow (DCF).” Investopedia, Investopedia, 15 July 2019, www.investopedia.com/terms/d/dcf.asp.

[PD] Dimitrov, Philip. “Real Options.” Seminararbeit. Technische Universität Wien, Wien, 22 Feb. 2013.