



Investitionsmanagement

- Vorlesung 8 am 10.01.2017 -

Prof. Dr. Rainer Elschen

Ausblick / Inhaltsverzeichnis

5 Methoden des Investitionsmanagements zur Berücksichtigung von Unsicherheiten

5.5 Der Real Options-Ansatz

5.5 Der Real Options-Ansatz

Real Options Approach

Realinvestitionen zeichnen sich häufig dadurch aus, dass neben den konkreten Zahlungswirkungen auch Chancen auf die Durchführung weiterer Projekte erwachsen;

- z. B. Investition in die Grundlagenforschung,
- z. B. Erwerb eines Rohstoffgebietes mit der Möglichkeit einer späteren Ausbeutung.

Beim **Real Options-Ansatz** werden Investitionsmöglichkeiten als Option (Long Call) auf die Durchführung eines konkreten Projekts interpretiert.

- ↪ Basispreis ist die Anschaffungsauszahlung A_0 .
- ↪ Die Option kann sofort, später oder auch gar nicht ausgeübt werden.

Vorteile:

- Das Instrumentarium zur Optionsbewertung kann auf Investitionen übertragen werden
- Der Wert einer Reaktionsmöglichkeit auf zukünftige Informationen (Chancenausnutzung) wird explizit berücksichtigt.

Bezug zur klassischen Kapitalwertmethode

Der Real Options-Ansatz enthält die Kapitalwertmethode als Spezialfall.

Für den Fall, dass

1. Investitionen reversibel sind, die Anschaffungskosten also später irgendwie rückgängig gemacht werden können
oder
2. Investitionen sofort durchgeführt werden müssen, führt die Kapitalwertmethode zur richtigen Entscheidung.

Bezug zur klassischen Kapitalwertmethode

Zu 1:

Reversibilität ist immer dann nicht gegeben, wenn die Investitionen firmen- oder branchenspezifisch sind (z.B. Errichtung einer chemischen Anlage, Marketingmaßnahmen für bestimmte Produkte).

Daneben ist aber auch die Liquidierung nicht spezifischer Investitionsgüter (z.B. EDV, Kfz) häufig mit erheblichen Wertverlusten verbunden.

Zu 2:

In vielen Fällen ist es sinnvoll, Marktentwicklungen abzuwarten, um flexibel reagieren zu können.

Die sog. „Jetzt-oder-nie“-Entscheidung ist eher Ausnahme.

Entscheidungskriterium

Es besteht die Möglichkeit, eine irreversible Investition sofort durchzuführen oder die Option zu behalten, die Investition zu einem späteren Zeitpunkt durchzuführen (Warteoption; daneben existieren Abbruchoption, Wechseloption u.a.)

Die Ausübung der Option, also die Durchführung der Investition, bedeutet immer die Vernichtung der Option.

Entscheidungsregel: Eine Investition wird dann durchgeführt, wenn der Ausübungswert der Option C_0^A (= Kapitalwert der Investition) den Wert der Option bei Nichtausübung übersteigt.

$$C_0^A > C_0^N$$

Alternative: Die Entscheidungsregel kann auch als Modifikation des Kapitalwertkriteriums formuliert werden:

$$\text{Statt } C_0^A > 0 \text{ gilt aber nun } C_0 = C_0^A - C_0^N > 0 !$$

Grundlagen der Optionsbewertung

Der Käufer einer Kaufoption (Long Call) hat das Recht, ein definiertes Wirtschaftsgut (Underlying) zu einem festgelegten Preis (Basispreis/ Strike Price) innerhalb der Optionslaufzeit (amerikanischer Typ) zu kaufen.

Es handelt sich um einen bedingten Anspruch (contingent claim). Das Optionsrecht muss nicht ausgeübt werden und kann - bei Existenz eines Sekundärmarktes - weiterverkauft werden.

Zu berücksichtigen sind Zahlungen innerhalb der Optionslaufzeit

→ **Dividendenmodell**

- Bei **unendlicher Nutzungsdauer** (z.B. Aktien) bedeutet die Nichtausübung in t_0 den Verlust der ersten Zahlung in t_1 .
- Bei **endlicher Nutzungsdauer** bedeutet die Nichtausübung in t_0 eine zeitliche Verschiebung der Investition und damit den Verlust der Zinsen auf den Kapitalwert.

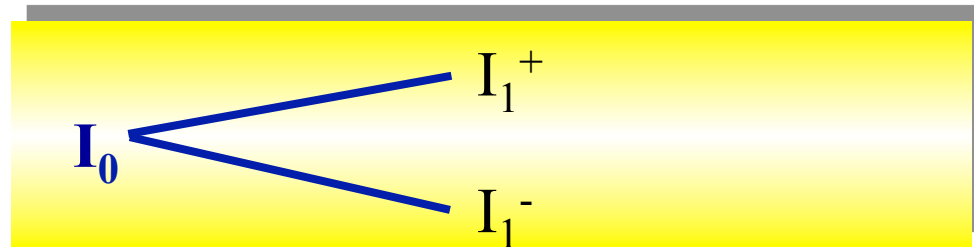
Die Bewertung von Kaufoptionen im diskreten Zwei-Zeitpunkt-Modell (1)

Folgende Variablen seien definiert:

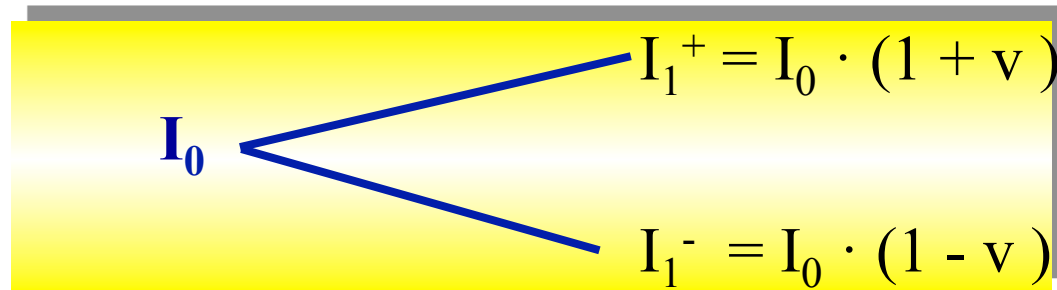
- A** : Anschaffungsauszahlung der Investition
= Basispreis der Option
- I_t** : Zeitwert der Investition bei Durchführung im Zeitpunkt t
(t = 0,1), d.h. Wert aller Zahlungsüberschüsse (ohne Anschaffungsauszahlung A), abgezinst auf den Zeitpunkt t.
- C_t^A** : Kapitalwert der Call-Option bei Ausübung im Zeitpunkt t.
Für t₀ ist dies der „klassische“ Kapitalwert der Investition:
 $C_0^A = I_0 - A$
- C_t^N** : Kapitalwert der Call-Option bei Nichtausübung in t.
- C_t** : Gesamtkapitalwert der Call-Option bei optimaler Handlungsalternative.
Dies entspricht dem Maximum aus C_t^A und C_t^N.
- i** : risikoloser Zinssatz

Die Bewertung von Kaufoptionen im diskreten Zwei-Zeitpunkt-Modell (2)

Es wird angenommen, dass sich der Wert einer Investition - aufgrund einer fundamentalen Marktänderung - beim Übergang von t_0 auf t_1 verändert, und genau einen von zwei Zuständen annimmt:



Kann das Ausmaß der Wertänderung (in %) mit einem Volatilitätsfaktor v abgeschätzt werden, so folgt:



Der Wert der Investition in t_1 steigt oder fällt also um einen konstanten Prozentsatz.

Die Bewertung von Kaufoptionen im diskreten Zwei-Zeitpunkt-Modell (3)

Der Wert der Option auf die zugrundeliegende Investition in t_1 ist abhängig vom Verhältnis des Wertes der Investition zum Ausübungspreis:

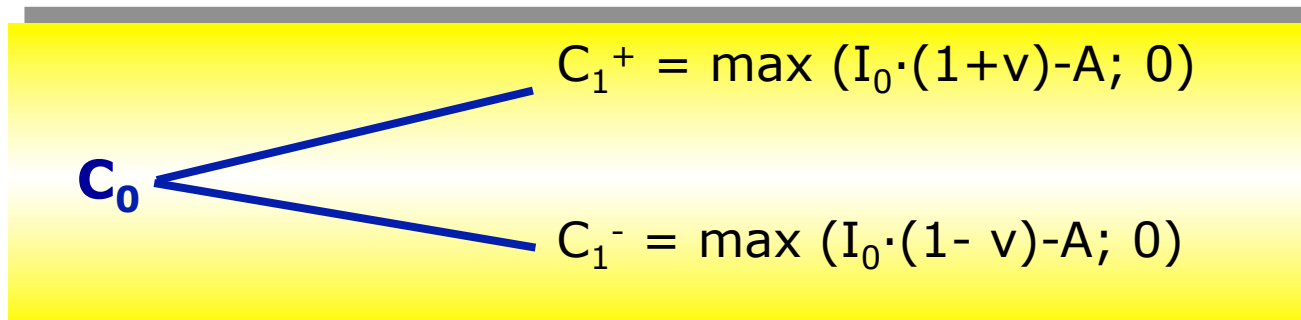
- Ist $I_1 > A$, wird die Option ausgeübt, da der Kapitalwert der Investition in diesem Fall positiv ist:

$$C_1 = C_1^A = I_1 - A$$

- Ist $I_1 < A$, wird die Option **nicht** ausgeübt und verfällt, da der Kapitalwert der Investition in diesem Fall negativ ist:

$$C_1 = C_1^N = 0$$

⇒ Für das Zustandsdiagramm folgt:



Die Bewertung von Kaufoptionen im diskreten Zwei-Zeitpunkt-Modell (4)

Können subjektive Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten der Zustände angegeben werden, etwa mit:

q = subjektive Wahrscheinlichkeit dafür, dass der Wert der Investition auf I_1^+ steigt und

$(1-q)$ = subjektive Wahrscheinlichkeit dafür, dass der Wert der Investition auf I_1^- fällt,

so ergibt sich als Erwartungswert für die Option

$$E(C_1) = q \cdot C_1^+ + (1-q) \cdot C_1^- .$$

Zur Bestimmung des Wertes der Option sind grundsätzlich die Risikopräferenzen des Investors (\rightarrow Risikonutzenfunktion) heranzuziehen. Unterstellt man vereinfachend Risikoneutralität, so erhält man C_0 durch Abzinsen mit dem risikolosen Zinssatz:

$$C_0 = \frac{1}{1+i} [q \cdot \max(I_0(1+v) - A; 0) + (1-q) \cdot \max(I_0(1-v) - A; 0)]$$

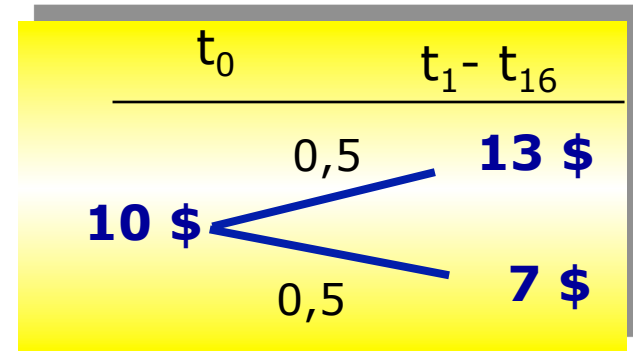
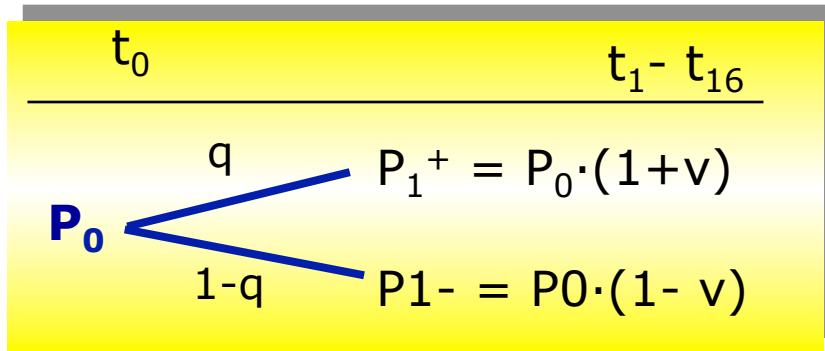
Fallstudie

Die Sharal Oil Inc. besitzt ein Ölfeld im Nordatlantik. Um das Feld zu erschließen, ist die Errichtung einer Bohrinne erforderlich. Die Kosten für die schlüsselfertige Anlage betragen **60 Mio. USD**, die Förderkapazität liegt bei **1 Mio. Barrel/Jahr**. Während der geplanten Nutzungsdauer von **15 Jahren** entstehen jährliche Betriebskosten in Höhe von **2 Mio. USD**. Der Ölpreis auf dem Spotmarkt beträgt **10 USD/Barrel**, der Kalkulationszinssatz liegt bei **10% p.a.**

Ein Risiko besteht bezüglich der zukünftigen Entwicklung des Ölpreises. Es wird angenommen, dass die Volatilität im nächsten Jahr **30 % p.a.** beträgt, wobei die Wahrscheinlichkeit für einen Preisanstieg, respektive Preisverfall, jeweils **0,5** beträgt.

Nach dieser einmaligen Preisänderung bleibt der Ölpreis bis zum Ende der geplanten Nutzungsdauer annahmegemäß auf dem erreichten Niveau konstant.

Preisszenario



Übersicht der Ausgangsdaten:

Anschaffungsauszahlung	A	60.000.000 USD
zahlungswirksame Betriebskosten p.a.	K	2.000.000 USD
Nutzungsdauer	n	15 Jahre
Produktions-/Absatzmenge	x	1.000.000 Barrel
Zinssatz	i	10 %
Ölpreis Spotmarkt	P_0	10 USD/Barrel
Volatilität	v	30 %
Wahrscheinlichkeit für Preisanstieg	q	0,5
Wahrscheinlichkeit für Preisverfall	1-q	0,5

Bewertung des Investitionsvorhabens mit der Kapitalwertmethode

Bei Durchführung der Investition in t_0 beträgt der Absatzpreis für Rohöl in Abhängigkeit vom eintretenden Zufallsereignis entweder 13 \$ oder 7 \$ pro Barrel. Mit den gegebenen Wahrscheinlichkeiten ergibt sich ein Erwartungswert von:

$$E(P_1 - P_{16}) = 0,5 \cdot 13 + 0,5 \cdot 7 = 10$$

Damit beträgt der Barwert der Investition:

$$I_0 = (10 \cdot 1.000.000 - 2.000.000) \cdot \text{RBF}(10\%; 15 \text{ J.}) = 60,85 \text{ Mio.}$$

Der Wert übersteigt die Anschaffungskosten, wodurch sich ein positiver Gesamtkapitalwert ergibt:

$$C_0^A = 60,85 \text{ Mio. \$} - 60 \text{ Mio. \$} = \mathbf{0,85 \text{ Mio. \$}}$$

Beurteilung des Investitionsvorhabens mit dem Real Options-Ansatz

Wird die Preisentwicklung zunächst abgewartet und erst in t_1 investiert, beträgt der Barwert der Investition:

- im Falle eines Preisanstiegs:
 $I_1^+ = (13 \cdot 1.000.000 - 2.000.000) \cdot \text{RBF}(10\%; 15 \text{ J.}) = 83,67 \text{ Mio.}$
- im Falle eines Preisverfalls:
 $I_1^- = (7 \cdot 1.000.000 - 2.000.000) \cdot \text{RBF}(10\%; 15 \text{ J.}) = 38,03 \text{ Mio.}$

Wegen $A = 60 \text{ Mio. \$}$ wird die Investition nur im ersten Fall durchgeführt. Der heutige Wert der Option auf die Investition in t_1 beträgt somit:

$$C_0^N = \frac{1}{1 + 0,1} [0,5 \cdot \max(23,67; 0) + 0,5 \cdot \max(-21,97; 0)] = 10,76 \text{ Mio. \$}$$

Ergebnis

- ▶ Der Barwert der Option auf die geplante Investition ist mit 10,76 Mio. \$ erheblich größer als ihr Ausübungswert von 0,85 Mio. \$.
- ▶ Trotz des positiven Kapitalwerts liegt die optimale Handlungsalternative hier in einem Abwarten bis t_1 . Die Investition wird nur im Falle eines Preisanstiegs realisiert.
- ▶ Die klassische Kapitalwertmethode führt hier zur Fehlentscheidung. Aus der Perspektive einer Sofortinvestition stellen die 10,76 Mio. \$ Opportunitätskosten dar, die dadurch entstehen, dass mit der Ausübung das Optionsrecht vernichtet wird.

Allgemein gilt:

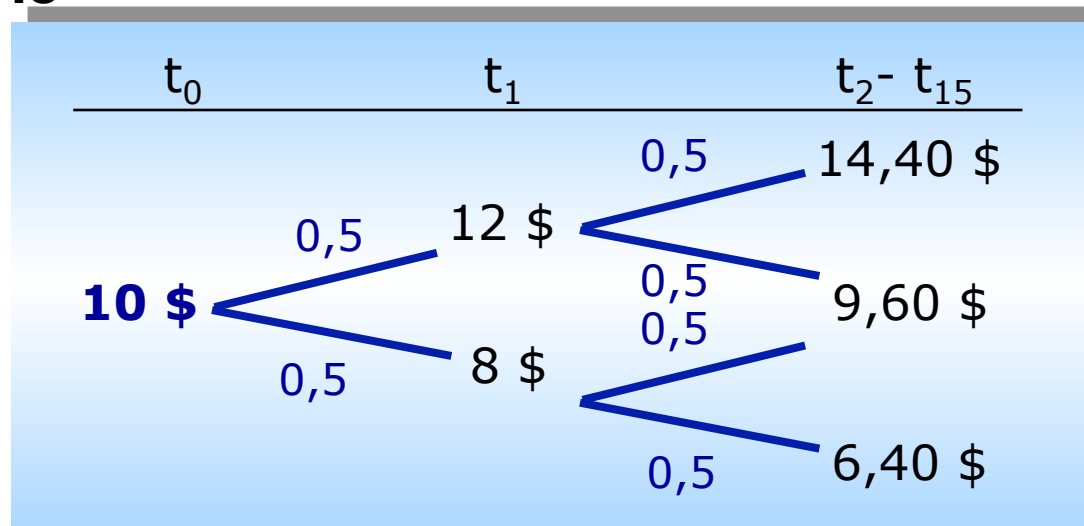
- ▶ Die Durchführung von Investitionsprojekten impliziert stets einen **Verzicht auf Flexibilität** bezüglich der Reaktionsmöglichkeiten auf zukünftige Informationen.
- ▶ Ein Abwarten bedeutet dagegen eine zeitliche Verschiebung der Zahlungsreihe nach hinten und somit einen Zinsverlust.

Erweiterung des Real Options-Modells auf mehrere Perioden

Fallstudie

Abweichend vom Ausgangsbeispiel sei unterstellt, daß sich der Ölpreis sowohl in t_1 als auch in t_2 um jeweils 20 % p.a. nach oben oder nach unten verändern kann. Alle weiteren Daten bleiben zunächst unverändert.

Preisszenario



Beurteilung des Investitionsvorhabens mit der Kapitalwertmethode

Bei sofortiger Durchführung der Investition beträgt der Absatzpreis für Rohöl in t_1 12 \$ bzw. 8 \$ und in t_2 abhängig von der Entwicklung in t_2 14,4 \$ / 9,6 \$ bzw. 9,6 \$ / 6,4 \$. Damit ergibt sich ein Kapitalwert (Angaben in Mio. \$) von:

$$\begin{aligned}C_0^A &= -60 - 2 \cdot \text{RBF}(10\%; 15 \text{ J.}) \\ &+ \frac{1}{1,1} \cdot [0,5 \cdot (12 \cdot 1 + (0,5 \cdot 14,4 + 0,5 \cdot 9,6) \cdot 1 \cdot \text{RBF}(10\%; 14 \text{ J.})) \\ &\quad + 0,5 \cdot (8 \cdot 1 + (0,5 \cdot 9,6 + 0,5 \cdot 6,4) \cdot 1 \cdot \text{RBF}(10\%; 14 \text{ J.}))] \\ &= 0,85\end{aligned}$$

Anmerkung: Der Wert stimmt nur deshalb mit dem Einperiodenmodell überein, weil aufgrund gleicher Wahrscheinlichkeiten der Erwartungswert stets 10 \$ beträgt:

$$\Rightarrow E(P_1) = 0,5 \cdot 12 \$ + 0,5 \cdot 8 \$ = 10 \$$$

$$\Rightarrow E(P_{2-15}) = 0,25 \cdot 14,4 \$ + 0,5 \cdot 9,6 \$ + 0,25 \cdot 6,4 \$ = 10 \$$$

Beurteilung des Investitionsvorhabens mit dem Real Options-Ansatz

Die Barwerte der Option lassen sich analog durch **rekursive Anwendung des Einperiodenmodells** ermitteln.

Die Durchführung der Investition in t_2 führt für die 3 möglichen Absatzpreise zu folgenden Kapitalwerten (in Mio. \$):

- $C_2^A (P_2 = 14,4 \$) = -60 + (14,4 - 2) \cdot \text{RBF}(10\%; 15 \text{ J.}) = \mathbf{34,32}$
- $C_2^A (P_2 = 9,6 \$) = -60 + (9,6 - 2) \cdot \text{RBF}(10\%; 15 \text{ J.}) = \mathbf{-2,19}$
- $C_2^A (P_2 = 6,4 \$) = -60 + (6,4 - 2) \cdot \text{RBF}(10\%; 15 \text{ J.}) = \mathbf{-26,53}$

➤ Die Durchführung der Investition (Ausübung der Option) lohnt sich offensichtlich nur für den höchsten Ölpreis von 14,4 \$/Barrel.

In den beiden anderen Fällen ist die Unterlassungsalternative optimal.

Beurteilung des Investitionsvorhabens mit dem Real Options-Ansatz (1)

Aus diesen Werten läßt sich der Wert der Option im Falle ihrer Nichtausübung in t_1 ableiten:

- $$C_1^N = (P_1 = 12 \$) = \frac{1}{1,1} [0,5 \cdot \max(34,32;0) + 0,5 \cdot \max(-2,19;0)] = 15,60$$

- $$C_1^N = (P_1 = 8 \$) = \frac{1}{1,1} [0,5 \cdot \max(-2,19;0) + 0,5 \cdot \max(-26,53;0)] = 0$$

Die Ausübung in t_1 führt dagegen zu folgenden Werten:

- $$C_1^A = (P_1 = 12 \$) = -60 + [(0,5 \cdot 14,4 + 0,5 \cdot 9,6) \cdot 1 - 2] \cdot \text{RBF}(10\%;15 \text{ J.}) = \mathbf{16,06 \$}$$
- $$C_1^A = (P_1 = 8 \$) = -60 + [(0,5 \cdot 9,6 + 0,5 \cdot 6,4) \cdot 1 - 2] \cdot \text{RBF}(10\%;15 \text{ J.}) = \mathbf{-14,36 \$}$$

Beurteilung des Investitionsvorhabens mit dem Real Options-Ansatz (2)

- ⇒ Im Falle $P_1=8$ \$ unterbleibt die Investition wegen des negativen Kapitalwerts.
- ⇒ Im Falle $P_1=12$ \$ ist die Durchführung der Investition vorteilhaft, da ihr Kapitalwert die Opportunitätskosten eines Abwartens übersteigt.

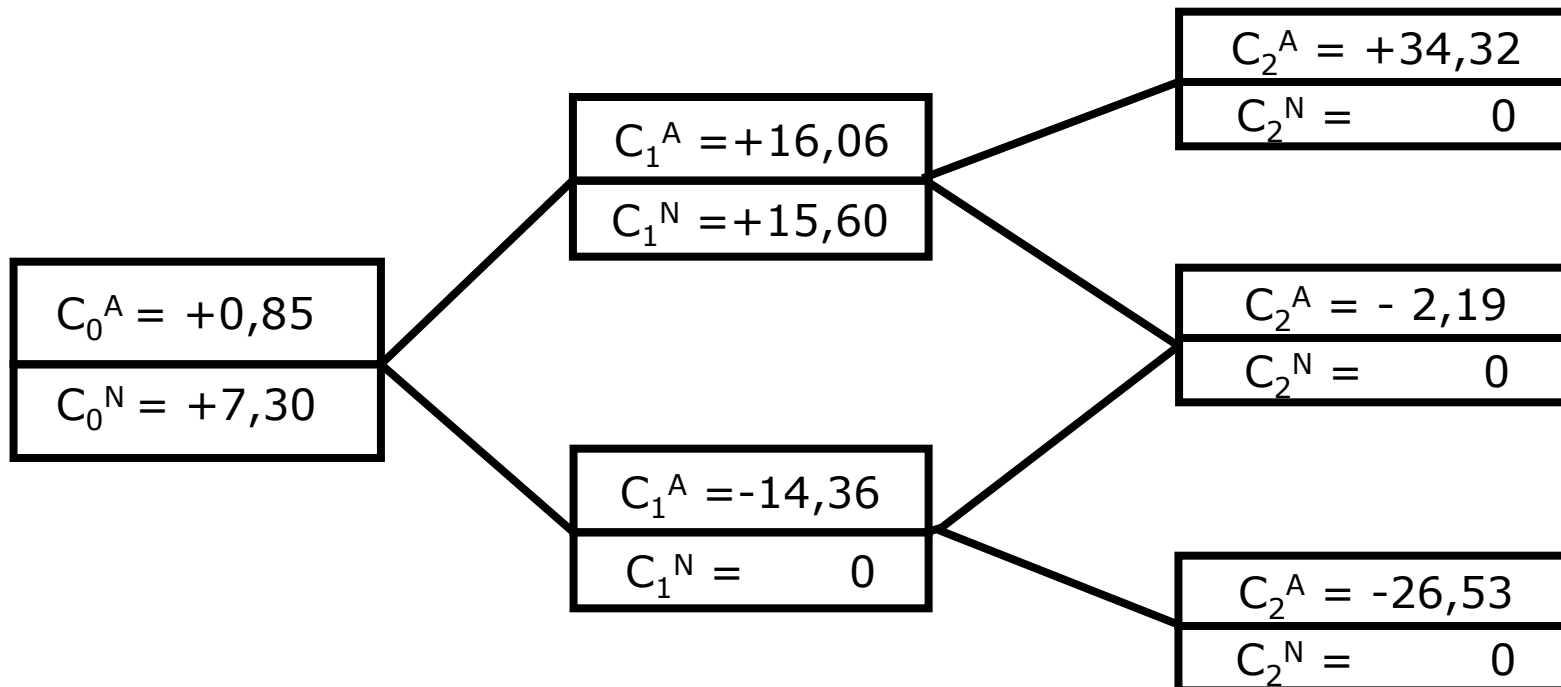
Abschließend ergibt sich für den Zeitpunkt t_0 :

- $C_0^N = \frac{1}{1,1} [0,5 \cdot \max(16,06; 15,60) + 0,5 \cdot \max(-14,36; 0)] = 7,30$
- $C_0^A = \mathbf{0,85}$

Beurteilung des Investitionsvorhabens mit dem Real Options-Ansatz (3)

Demnach besteht die optimale Strategie darin, nicht sofort zu investieren, sondern die Preisentwicklung in t_1 abzuwarten. Im Falle eines Preisanstiegs erfolgt die Durchführung der Investition in t_1 , andernfalls wird nie investiert.

Zusammenfassend ergibt sich folgender Überblick:

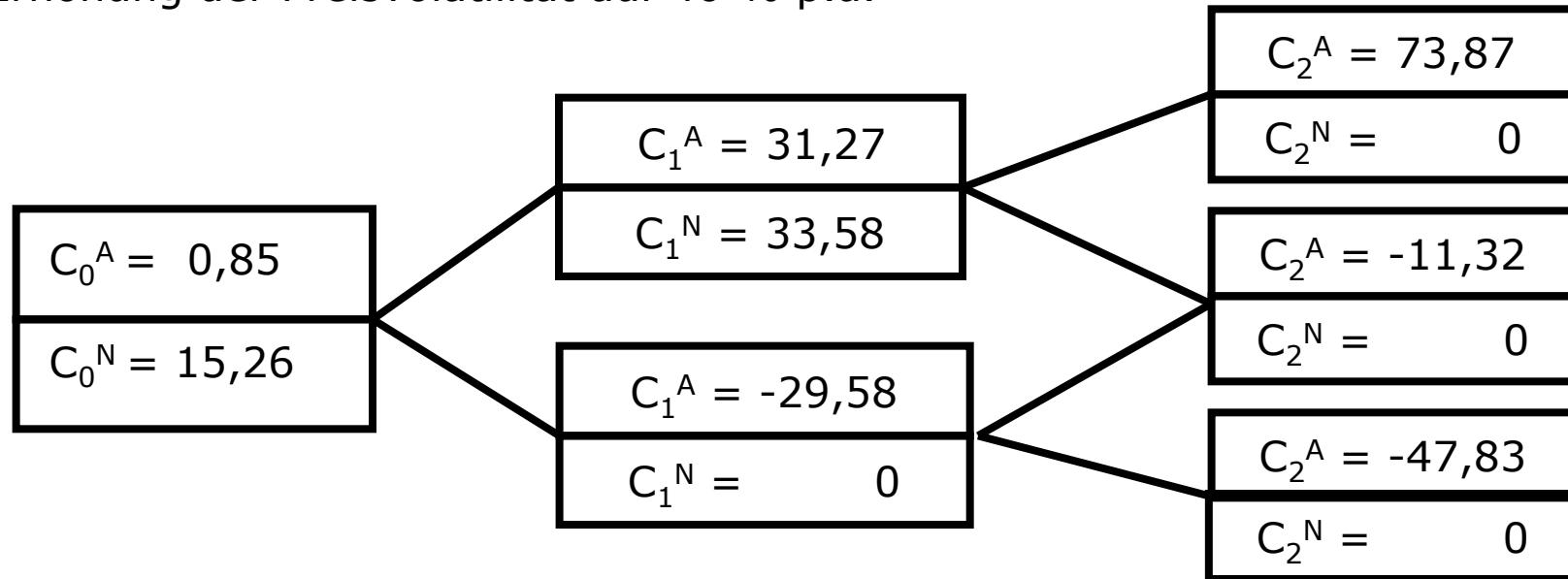


Analyse der Reagibilität der Ergebnisse auf Änderungen der Eingangsparmeter

1. Variation der Preisvolatilität
2. Variation des Basispreises
3. Variation der Eintrittswahrscheinlichkeiten

1. Variation der Volatilität

Erhöhung der Preisvolatilität auf 40 % p.a.



- ⇒ Die Durchführung der Investition lohnt sich nur in t_2 , falls der Ölpreis in t_1 und in t_2 auf $10 \cdot 1,4^2 = 19,60$ \$ steigt.
- ⇒ Der Gesamtkapitalwert hat sich mehr als verdoppelt:

$$C_0 (v = 40\%) = \frac{1}{1,1^2} \cdot 0,5^2 \cdot 73,87 = 15,26$$

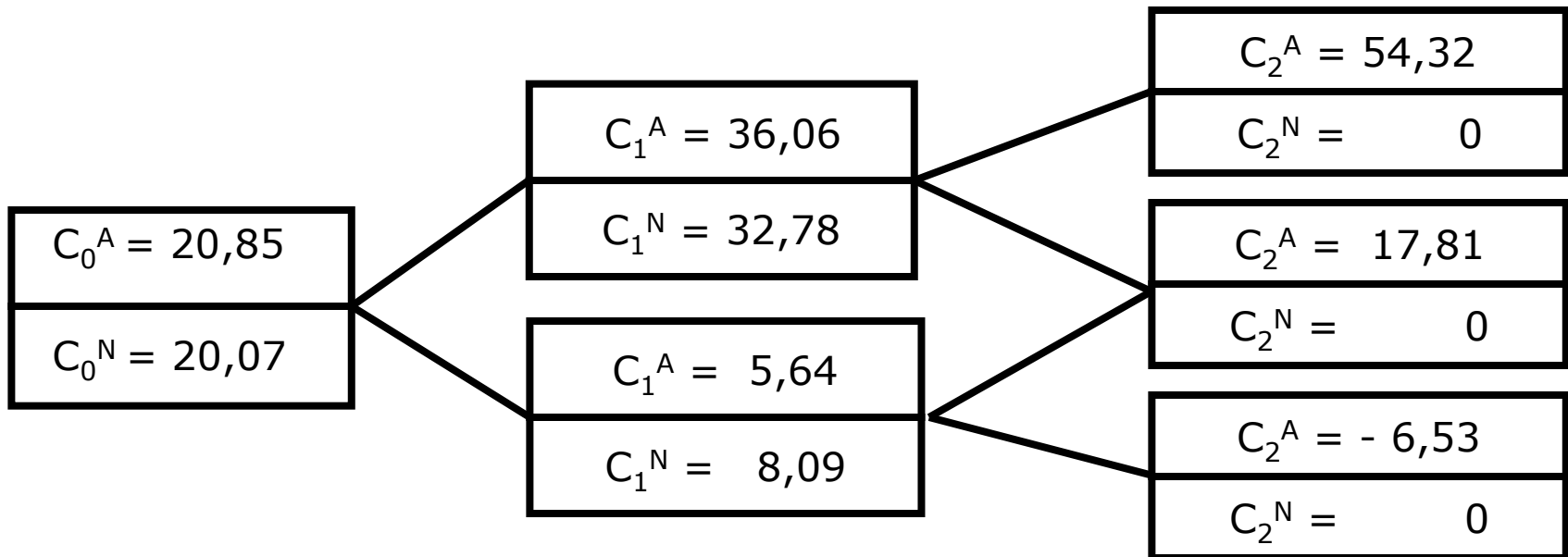
Zusammenhang zwischen Volatilität und Kapitalwert

v	$C_0(v)$	(frühester) Investitions- zeitpunkt
5%	2,25	t_1
10%	3,86	t_1
20%	7,30	t_1
30%	11,02	t_2
40%	15,26	t_2
50%	19,82	t_2
60%	24,69	t_2
90%	41,19	t_2

- Der Kapitalwert steigt mit zunehmender Volatilität (positive Korrelation); dieses ist auf die asymmetrische Risiko-Chance-Kombination des Calls zurückzuführen
- Je höher die Volatilität, umso später liegt der optimale Investitionszeitpunkt.

2. Variation des Basispreises

Die Investitionsauszahlung beträgt 40 (statt 60) Mio. \$.



- ⇒ Die Durchführung der Investition ist hier bereits in t_0 optimal, da $C_0^A > C_0^N$.
- ⇒ Der Gesamtkapitalwert beträgt 20,85.

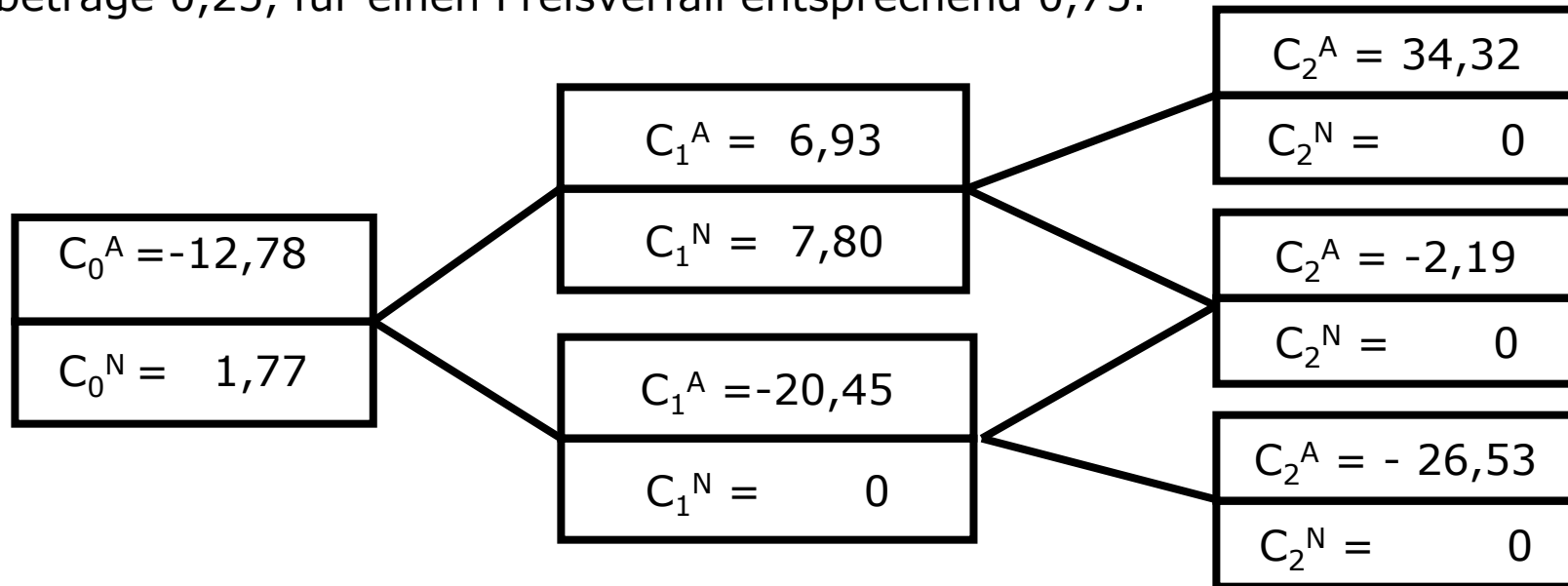
Zusammenhang zwischen Basispreis und Kapitalwert

A	$C_0(A)$	(frühester) Investitions- zeitpunkt
20	40,85	t_0
30	30,85	t_0
40	20,85	t_0
50	13,46	t_1
60	7,30	t_1
70	5,02	t_2
80	2,96	t_2
100	0	nie

- Der Kapitalwert der Investition sinkt mit zunehmendem Basispreis (negative Korrelation).
- Bei sehr niedrigem Basispreis ist der Zusammenhang zum Kapitalwert linear.
- Je höher der Basispreis, umso später wird die Option ausgeübt.
- Die Option ist nur dann wertlos, wenn der Basispreis den Wert der Investition selbst bei günstiger Entwicklung übersteigt.

3. Variation der Eintrittswahrscheinlichkeiten

Die angenommene Wahrscheinlichkeit für einen Preisanstieg (von 20%) betrage 0,25, für einen Preisverfall entsprechend 0,75.



- ⇒ Die Durchführung der Investition lohnt sich nur in t₂, falls der Ölpreis zweimal gestiegen ist.
- ⇒ Der Gesamtkapitalwert beträgt dann

$$C_0 (q = 0,25) = \frac{1}{1,1^2} \cdot 0,25^2 \cdot 34,32 = 1,77$$

Zusammenhang zwischen Eintrittswahrscheinlichkeit und Kapitalwert

q	$C_0(q)$	Investitionszeitpunkt
0,00	0,00	nie
0,10	0,28	t_2
0,25	1,77	t_2
0,50	7,30	t_1
0,75	17,17	t_1
0,90	25,45	t_0
1,00	32,13	t_0

- Der Kapitalwert steigt mit zunehmender Wahrscheinlichkeit für die positive Preisentwicklung (positive Korrelation).
- Ein höheres q impliziert tendenziell einen früheren Investitionszeitpunkt, da das Risiko einer negativen Entwicklung abnimmt:
 - sofortige Investition für den positiven Sicherheitsfall: $q = 1$
 - keine Investition für den negativen Sicherheitsfall: $q = 0$

Literaturhinweise

- Dixit/Pindyck, The Options Approach to Capital Investment, S. 105-115
- Pfnür/Schaefer, Realoptionen als Instrument des Investitionscontrollings, S. 248-307
- Bank/Mager, Die Warteoption im zeitstetigen Investitionsmodell, S. 302-307
- Hull, Optionen, Futures und andere Derivate, S. 851-868