





# Investitionsrechnung

Methoden · Beispiele · Aufgaben  
Übungsfälle mit Excel

Von  
Prof. Dr. Peter Pflaumer

Unter Mitarbeit von  
Dr. Hans-Peter Kohler

5., überarbeitete und erweiterte Auflage

R. Oldenbourg Verlag München Wien

#### Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

© 2004 Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH  
Rosenheimer Straße 145, D-81671 München  
Telefon: (089) 45051-0  
[www.oldenbourg-verlag.de](http://www.oldenbourg-verlag.de)

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Gedruckt auf säure- und chlorfreiem Papier  
Druck: Grafik + Druck, München  
Bindung: R. Oldenbourg Graphische Betriebe Binderei GmbH

ISBN 3-486-27496-1

## VORWORT

Das vorliegende Buch ist aus Lehrveranstaltungen der Investitionsrechnung hervorgegangen, die ich in den letzten Jahren für Studierende der Betriebswirtschaftslehre gehalten habe.

Ziel des Buches ist es, an einem kurz gefassten Lehrtext, der an Übungsbeispielen orientiert ist, die wichtigsten Methoden der Investitionsrechnung darzustellen. Das Buch dient der schnellen Vermittlung von Basiswissen. Keineswegs soll es ein umfassendes Lehrbuch ersetzen. Vielmehr ist es als eine knappe Einführung gedacht, welche den Leser in die Lage versetzen soll, praxisnahe Investitionsfälle mit Hilfe von statischen und dynamischen Methoden der Investitionsrechnung effizient zu lösen.

Wichtig scheint mir dabei die Berücksichtigung der Unsicherheit bei Investitionsentscheidungen. Daher ist ein Kapitel analytischen und simulativen Verfahren der Risikoanalyse gewidmet. Zwar kann mit der Risikoanalyse die Unsicherheit nicht reduziert oder gar beseitigt werden, aber es gelingt, das Risiko berechenbar zu machen.

Es werden Grundkenntnisse in Finanzmathematik und in Statistik vorausgesetzt, und zwar in dem Umfange, wie sie im Grundstudium der Wirtschaftswissenschaften an Universitäten und Fachhochschulen gelehrt werden. Im Anhang findet man eine Zusammenstellung der Summenformeln einiger wichtiger geometrischer Reihen sowie Anmerkungen zu speziellen Fragestellungen und Problemen der Investitionsrechnung. Die mit einem Stern gekennzeichneten Abschnitte erfordern Kenntnisse der Differential- und Integralrechnung. Diese Abschnitte sind für das Verständnis der restlichen Kapitel nicht sehr wichtig und können beim ersten Durchlesen des Buches gegebenenfalls überschlagen werden.

Ein Übungsteil mit Lösungshinweisen schließt das Buch ab. 20 Übungsfälle sollen dazu beitragen, die wichtigsten Methoden der Investitionsrechnung zu vertiefen und sachgerecht anzuwenden. Die einzelnen Lösungsschritte werden ausführlich erklärt und durch Hinweise auf den entsprechenden Lehrtext ergänzt. Weitere Übungsmöglichkeiten ergeben sich durch die vermischten Aufgaben im Anhang V. Anmerkungen zu einigen Textstellen findet man im Anhang III.

Im Anhang IV wird das Tabellenkalkulationsprogramm Excel verwendet, um Investitionsrechnungen durchzuführen. Wichtige finanzmathematische Excel-Funktionen werden erklärt.

Es bleibt mir noch übrig, Dank zu sagen. Mein Dank gebührt meinen Studentinnen und Studenten, die durch Fragen und Hinweise zur Gestaltung des Textes beigetragen haben. Darüber hinaus danke ich Frau B. Koths, die mit großer Sorgfalt das schwierige Manuskript geschrieben hat. Den Herren Prof. Dr. D. Kaiser, Dr. H.-P. Kohler und Dr. U. Vry danke ich für die kritische Durchsicht des Textes sowie für wertvolle Hinweise. Herrn Diplom-Volkswirt M. Weigert, R. Oldenbourg Verlag, danke ich für die gute Zusammenarbeit.

*Peter Pflaumer*



---

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>A.</b>	<b>EINFÜHRUNG</b>	<b>1</b>
1.	BEGRIFF	1
2.	INVESTITIONSARTEN	1
3.	INVESTITIONSENTSCHEIDUNGEN	2
4.	ENTSCHEIDUNGSARTEN	3
5.	INVESTITIONSRECHENVERFAHREN	3
6.	HÖHE DES KALKULATIONSZINSFUSSES	5
<b>B.</b>	<b>BEURTEILUNG EINES EINZELNEN INVESTITIONS- PROJEKTES</b>	<b>6</b>
1.	ERMITTLUNG DER ZAHLUNGSREIHE	6
2.	KAPITALWERT	9
2.1	Begriff	9
2.2	Kapitalwert bei konstanten Einzahlungsüberschüssen	12
2.3	Kapitalwert bei geometrisch-steigenden Einzahlungsüberschüssen	15
2.4	Kapitalwertfunktion	17
2.5	Kapitalwertrate	19
2.6	Äquivalente Annuität	19
2.7*	Kapitalwert bei unterjährlicher und stetiger Diskontierung	21
3.	INTERNER ZINSFUSS	27
3.1	Begriff und Berechnung	27
3.2	Interpretation	30
3.3	Reguläre und irreguläre Zahlungsreihen	31
3.4	Berechnung des internen Zinsfußes für spezielle Zahlungsreihen	38
3.4.1	Konstante Einzahlungsüberschüsse	38
3.4.2	Rechnerische Ermittlung des internen Zinsfußes	39
3.5	Interner Zinsfuß bei unterjährlichen Zahlungen und/oder bei ge- brochenen Laufzeiten	44
3.6*	Interne Verzinsung bei stetiger Diskontierung	47

4. SONSTIGE VERZINSUNGSMETHODEN	51
4.1 Baldwin-Verzinsung	51
4.2 Initialverzinsung	53
<b>C. BEURTEILUNG EINANDER AUSSCHLIESSENDER INVESTITIONSPROJEKTE</b>	<b>55</b>
1. INTERNE ZINSFUSS- ODER KAPITALWERTMETHODE?	55
2. INTERNE ZINSFUSSMETHODE UND DIFFERENZINVESTITION	60
3. IRREGULÄRE INVESTITIONEN	64
4. INVESTITIONSOBJEKTE MIT UNTERSCHIEDLICHER LEBENS- DAUER	67
5. OPTIMALE NUTZUNGSDAUER	69
<b>D. DER EINFLUSS WEITERER FAKTOREN AUF DIE INVESTITIONSENTSCHEIDUNG</b>	<b>78</b>
1. STEUERN	78
1.1 Kapitalwert nach Steuern	78
1.2 Interner Zinsfuß nach Steuern und Steuerparadoxon	81
1.3 Einfluß der Abschreibungsmethode	85
2. FINANZIERUNG	88
2.1 Unterschiedliche Höhe von Haben- und Sollzinsfuß	88
2.2 Einfluß der Finanzierungsform	90
2.3 Steuerliche Abzugsfähigkeit der Schuldzinsen	94
3. KAUF ODER LEASING?	95
3.1 Grundbegriffe	95
3.2 Basismodelle	96
4. INFLATION	101
4.1 Inflation ohne Berücksichtigung von Steuern	101
4.2 Inflation mit Berücksichtigung von Steuern	103

<b>E. STATISCHE VERFAHREN</b>	<b>108</b>
1. VORBEMERKUNGEN	108
2. KOSTENVERGLEICHSMETHODE	109
3. GEWINNVERGLEICHSMETHODE	112
4. RENTABILITÄTSVERGLEICHSMETHODE	114
5. AMORTISATIONSVERGLEICHSMETHODE	116
6. STATISCHE UND DYNAMISCHE RENTABILITÄTEN IM VERGLEICH	118
<b>F. INVESTITIONSENTSCHEIDUNGEN UNTER RISIKO</b>	<b>124</b>
1. VORBEMERKUNGEN	124
2. GRUNDBEGRIFFE	125
2.1 Sicherheit, Risiko und Ungewißheit	125
2.2 Erwartungswert und Standardabweichung	126
2.3 Verlustwahrscheinlichkeit	127
2.4 Kovarianz- und Korrelationskoeffizient	128
2.5 $\mu$ - $\sigma$ -Diagramm	128
2.6 Rechenregeln für Erwartungswert und Varianz	130
3. SENSITIVITÄTSANALYSE	131
3.1 Verfahren der kritischen Werte	131
3.2 Reagibilitätsanalyse der Einflußfaktoren	135
3.3 Bandbreitenanalyse	138
3.4 Zinsdifferenzgeschäft und Leverage-Effekt	139
4. RISIKOANALYSE	144
4.1 Analytische Verfahren	144
4.1.1 Unabhängige Einzahlungsüberschüsse	144
4.1.2 Korrelierte Einzahlungsüberschüsse	146
4.1.3 Vollständig korrelierte Einzahlungsüberschüsse	148
4.1.4 Stochastische Unabhängigkeit bei den Komponenten der Einzahlungsüberschüsse	149
4.2 Simulationsverfahren	153

<b>G. ÜBUNGSFÄLLE</b>	<b>170</b>
1. AUFGABEN	170
2. LÖSUNGSHINWEISE	177
<b>ANHANG</b>	<b>194</b>
<b>I. GEOMETRISCHE REIHEN</b>	<b>194</b>
<b>II. TABELLEN</b>	
<b>Tabelle A: Rentenbarwertfaktoren</b>	<b>198</b>
<b>Tabelle B: Annuitätenfaktoren</b>	<b>200</b>
<b>Tabelle C: Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung</b>	<b>202</b>
<b>III. ANMERKUNGEN</b>	<b>203</b>
<b>IV. ÜBUNGSFÄLLE MIT EXCEL</b>	<b>210</b>
1. Vorbemerkungen	210
2. Kapitalwertmethode und Kapitalwertfunktion	212
3. Vermögensendwertmethode	216
4. Annuitätenmethode	217
5. Amortisationsmethode	218
6. Interne-Zinsfußmethode und Baldwin-Zinsfußmethode	219
7. Sensitivitätsanalysen	222
8. Risikoanalysen	226
9. Übungsfälle	231
<b>V. VERMISCHTE AUFGABEN MIT LÖSUNGEN</b>	<b>243</b>
<b>LITERATURHINWEISE</b>	<b>257</b>
<b>SACHVERZEICHNIS</b>	<b>259</b>

---

## SYMBOLLISTE

$a$	Annuität
$a$	Untergrenze
$a_t$	Auszahlung zum Zeitpunkt $t$
AF	Annuitätenfaktor
$A$	konstanter Abschreibungsbetrag
$A_t$	Abschreibung zum Zeitpunkt $t$
$b$	Obergrenze
$c$	konstanter jährlicher Einzahlungsüberschuß
$c_t$	Einzahlungsüberschuß (Cash Flow) zum Zeitpunkt $t$
$c(t)$	Einzahlungsüberschußprofil
$\bar{c}$	durchschnittlicher Einzahlungsüberschuß
$C_0$	Kapitalwert
$\bar{C}_0$	durchschnittlicher Kapitalwert
$C_0^*$	Kapitalwert nach Steuern
$\text{Cov}(X, Y)$	Kovarianz von $X$ und $Y$
$d$	Deckungsbeitrag pro Stück
$e$	Eulersche Zahl
$e_t$	Einzahlung zum Zeitpunkt $t$
$f(z)$	Dichtefunktion von $Z$
EK	Eigenkapital
$E(X)$	Erwartungswert von $X$
FK	Fremdkapital
$g$	Steigerungsprozentsatz der Renten
$\gamma_0$	Kapitalwertrate
$\phi(z)$	Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung
$G$	Gewinn

$\bar{G}$	durchschnittlicher Gewinn
$G_{t,i}$	Scheingewinn in t bei einer Inflationsrate von i
$G(x)$	Risikoprofil von X
h	Veränderungsfaktor des Wechselkurses
i	Inflationsrate
$I_0$	Investitionsauszahlung zum Zeitpunkt t=0
k	durchschnittliche Kosten pro Stück
$k_v$	variable Kosten pro Stück
K	Gesamtkosten
$K_a$	auszahlungswirksame Kosten
$K_f$	fixe Kosten
$K_n$	Vermögensendwert zum Zeitpunkt n
$K_{n.a.}$	nicht auszahlungswirksame Kosten
$\bar{K}$	durchschnittlich gebundenes Kapital
l	Rentensteigerungsfaktor
L	Leasing-Rate
$L_{krit}$	kritische Leasing-Rate
$\ln$	natürlicher Logarithmus
m	Anzahl der Perioden pro Jahr
m	Median
$\mu$	Erwartungswert
n	Investitionsdauer in Jahren
p	Kalkulationszinsfuß
$p'$	Periodenzinsfuß
$p^*$	Kalkulationszinsfuß nach Steuern
$p_H$	Habenzinsfuß
$p_k$	konformer Zinsfuß
$p_n$	nominaler Kalkulationszinsfuß
$p_S$	Sollzinsfuß
$p_V$	Vergleichsrendite vor Steuern

$p(x)$	Wahrscheinlichkeitsfunktion
$P$	Wahrscheinlichkeit
$p$	Preis
$q$	Aufzinsungsfaktor
$q^*$	Aufzinsungsfaktor nach Steuern
$r$	interner Zinsfuß
$\hat{r}$	Schätzwert für den internen Zinsfuß
$r_B$	Baldwin-Zinsfuß
$r_I$	Initialverzinsung
$\rho(X, Y)$	Korrelationskoeffizient von X und Y
$R$	Rentabilität des durchschnittlich gebundenen Kapitals
ROI	Return on Investment, Rentabilität des Anfangskapitals
$R_n$	Restverkaufserlös, Liquidationswert
$\rho$	Verzinsungsintensität
RBF	Rentenbarwertfaktor
$s_t$	nominaler Einzahlungsüberschuß zum Zeitpunkt t
$S_t$	kumulierter Einzahlungsüberschuß
$\sigma$	Standardabweichung
$t$	Zeitpunkt, Jahr
$t_A$	Amortisationszeit
$T$	konstanter Steuersatz
$\text{Var}(X)$	Varianz von X
$w_i$	Wechselkurs zum Zeitpunkt i
$x$	Menge
$x_{B.E.}$	Break-Even-Menge
$x_{\text{krit}}$	kritische Ausbringungsmenge
$Z$	Zinsen
$\bar{Z}$	durchschnittliche Zinsen



---

## A. EINFÜHRUNG

### 1. BEGRIFF

In der Literatur wird der Investitionsbegriff unterschiedlich weit gefaßt. Im engsten Sinne versteht man unter einer Investition nur die Herstellung und den Erwerb von Sachgütern des Anlagevermögens. Inhaltlich weiter geht der bilanzorientierte Investitionsbegriff. Danach ist eine Investition eine Bindung des betrieblichen Kapitals (Passivseite der Bilanz) in betriebliche Vermögensgegenstände (Aktivseite der Bilanz). Dieser Investitionsbegriff beinhaltet sowohl Auszahlungen für Sach- als auch Auszahlungen für Finanzvermögen. Im weitesten Sinne wird unter einer Investition ein Strom von Auszahlungen für die Anschaffung eines Gutes verstanden, durch dessen Nutzung Einzahlungen oder Minderungen der Auszahlungsverpflichtungen erzielt werden. Dieser Investitionsbegriff umfaßt sowohl die Umwandlung von Zahlungsmitteln in materielle Güter (z.B. Grundstücke, Gebäude, Werkstoffe, Wertpapiere) als auch in immaterielle Güter (z.B. Patente, menschliche Arbeitskraft). Der auszahlungsorientierte Investitionsbegriff eignet sich besonders für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer Investition mit Hilfe finanzmathematischer Methoden, da eine vollständige Gegenüberstellung aller Ein- und Auszahlungen des Investitionsobjektes möglich ist.

### 2. INVESTITIONSARTEN

Nach Art des Investitionsobjektes unterscheidet man Sach- und Finanzinvestitionen. Sachinvestitionen stellen Auszahlungen für materielle Realgüter (z.B. Grundstücke, Anlagen, Werkstoffe) und für immaterielle Realgüter (z.B. Aus- und Weiterbildung, Forschung und Entwicklung) dar. Finanzinvestitionen sind Geldanlagen in Nominalgüter wie Kundenforderungen, Beteiligungen, Wertpapiere. Bezüglich des Investitionsgrundes gliedert man in Ersatz-, Rationalisierungs- und Erweiterungsinvestitionen. Bei einer Ersatzinvestition wird eine vorhandene Anlage durch eine neue gleicher Art und Güte abgelöst. Bei einer Rationalisierungsinvestition erwartet man dagegen, daß die neue Anlage eine größere Wirtschaft-

lichkeit als die alte Anlage aufweist. Wird durch die zusätzliche Anlage die technische Kapazität erhöht, dann spricht man von einer Erweiterungsinvestition. Bezüglich der Art der Wiederholung unterscheidet man einmalige Investitionen (z.B. Grundstückskauf) und laufende Investitionen (z.B. Ersatzinvestition).

### 3. INVESTITIONSENTSCHEIDUNGEN

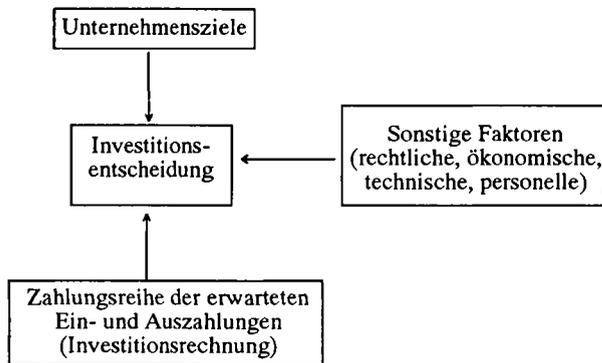


Abb. 1: Determinanten der Investitionsentscheidung

Eine Investitionsentscheidung beruht auf verschiedenen Kriterien. Die Zielsetzung des Investors ist der Ausgangspunkt der Entscheidung. Wenn für Unternehmen auch das Gewinnziel im Vordergrund steht, so sind aber auch andere Zielsetzungen vorhanden. Zu diesen Zielen gehören beispielsweise hohe Marktanteile, Wahrung der Firmentradition, Expansion, Sicherung der Liquidität, Umweltschutz oder Zufriedenheit der Mitarbeiter.

Die Zahlungsreihe umfaßt Zeitpunkt, Höhe und Risiko aller Ein- und Auszahlungen, die mit dem Investitionsobjekt verbunden sind. Die Zahlungsreihe spiegelt die rechnerisch erfaßbaren Einflüsse einer Investitionsentscheidung wider. Auf der Grundlage einer Zahlungsreihe wird eine Investitionsrechnung durchgeführt, bei welcher die Vorteilhaftigkeit von Investitionsobjekten quantitativ bestimmt wird. Das Ergebnis einer Investitionsrechnung ist eine wesentliche Grundlage für die Investitionsentscheidung. Wie die Abb. 1 zeigt, hängt eine

---

Investitionsentscheidung auch noch von anderen Faktoren ab. Zu diesen Faktoren gehören rechtliche Einflußgrößen (z.B. steuerrechtliche Vorschriften), ökonomische Einflußgrößen (z.B. die Finanzierungs- und Liquiditätssituation), technische und personelle Einflußgrößen.

#### **4. ENTSCHEIDUNGSARTEN**

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen ergeben sich folgende wichtige Fälle, die im folgenden ausführlich behandelt werden:

- a) Beurteilung eines einzelnen Investitionsprojektes (Ja-nein-Entscheidung)
- b) Vergleich von zwei oder mehreren Investitionsobjekten, von denen eines ausgewählt wird (Entweder-oder-Entscheidung)
- c) Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer.

#### **5. INVESTITIONSRECHENVERFAHREN**

Ein Investitionskalkül ist ein quantitatives Verfahren zur Ermittlung der Vorteilhaftigkeit eines Projektes. Es enthält alle mit dem Objekt verbundenen Ein- und Auszahlungen, Zahlungszeitpunkte sowie Angaben über das Risiko der Zahlungen.

Man unterscheidet statische und dynamische Investitionskalküle. Dynamische Verfahren berücksichtigen im Gegensatz zu den statischen Verfahren den zeitlichen Anfall der Ein- und Auszahlungen im Verlaufe des Investitionsprozesses. Da bei den dynamischen Verfahren Methoden der Finanzmathematik verwendet werden, bezeichnet man sie auch als finanzmathematische Verfahren. Bezüglich des Risikos kann man Investitionskalküle in deterministische und stochastische Verfahren gliedern. Deterministische Verfahren unterstel-

len vollkommene Sicherheit bei der Bestimmung zukünftiger Zahlungsströme. Bei den stochastischen Verfahren wird das Risiko bei der Schätzung zukünftiger Ein- und Auszahlungen durch die Angabe von statistischen Verteilungen quantifiziert. Die Abb. 2 zeigt im Überblick die wichtigsten Verfahren der Investitionsrechnung.

Investitionskalküle	
I.	<b>Deterministische Verfahren</b>
A.	<b>Statische Verfahren</b>
1.	Kostenvergleichsrechnung
2.	Gewinnvergleichsrechnung
3.	Rentabilitätsvergleichsrechnung
4.	Amortisationsvergleichsrechnung
B.	<b>Dynamische Verfahren</b>
1.	Kapitalwertmethode
2.	Annuitätenmethode
3.	Interne Zinsfußmethode
4.	Sonstige Verzinsungsmethoden
II.	<b>Stochastische Verfahren</b>
1.	Sensitivitätsanalyse
2.	Risikoanalyse
a)	analytisches Verfahren
b)	Simulationsverfahren

**Abb. 2:** Verfahren der Investitionsrechnung

Eine Erhebung von WEHRLE/STREIF (1989) bei den 500 größten deutschen Unternehmen zeigt, daß von den dynamischen Verfahren die Kapitalwertmethode (59,4%) sowie die interne Zinsfußmethode (58,9%) und von den statischen Verfahren die Kostenvergleichsrechnung (45,7%) sowie die Rentabilitätsvergleichsrechnung (39,1%) am häufigsten verwendet werden. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist jedoch zu beachten, daß nur etwa 40% der Unternehmen geantwortet haben.

---

## 6. HÖHE DES KALKULATIONSZINSFUßES

Der Kalkulationszinsfuß ist die vom Investor geforderte Mindestverzinsung, die er in Anbetracht des mit der Investition verbundenen Risikos für angemessen hält und die er realistisch gesehen auch erzielen kann. Zu dieser Verzinsung kann er sein Kapital auf dem Kapitalmarkt anlegen oder im Unternehmen investieren. Wird die Investition durch Fremdkapital finanziert, so darf der Kalkulationszinsfuß offensichtlich nicht kleiner sein als der Sollzinsfuß, den der Investor für die Überlassung des Fremdkapitals bezahlen muß. Der Unterschied zwischen den beiden Zinsfüßen hängt davon ab, welche Verzinsung der Investor mindestens fordert und welches Risiko mit der Durchführung der Investition verbunden ist. Wird die Investition mit Eigenkapital finanziert, so richtet sich der Kalkulationszinsfuß nach dem Zinsfuß, den er bei der Durchführung einer anderen Investition mit gleich hohem Risiko erzielen könnte. Im allgemeinen wird bei Realinvestitionen als Kalkulationszinsfuß die im Unternehmen oder in der Branche als normal angesehene Verzinsung gewählt.

---

## B. BEURTEILUNG EINES EINZELNEN INVESTITIONS-PROJEKTES

### 1. ERMITTLUNG DER ZAHLUNGSREIHE

Die Ermittlung der Zahlungsströme ist eine wichtige Phase der Investitionsplanung. Von ihrer Qualität hängt wesentlich die Güte der Investitionsentscheidung ab. Zunächst wird unterstellt, daß die Ein- und Auszahlungen mit vollkommener Sicherheit vorausbestimmt werden. Man darf aber nicht vergessen, daß in der Realität die zukünftigen Zahlungsströme i.d.R. auf Prognosen beruhen, d.h. mit Unsicherheit bzw. Risiko behaftet sind. Die explizite Berücksichtigung des Risikos erfolgt in Kapitel F.

#### ◆ Beispiel:

Ein Busreiseunternehmen erwägt die Anschaffung eines Reisebusses im Wert von 660.000 DM. Im ersten Jahr der Anschaffung rechnet man mit 180 Einsatztagen, im zweiten Jahr mit 200 Einsatztagen und im dritten und vierten Jahr mit je 220 Einsatztagen. Der Fahrerlös pro Tag beträgt 1.400 DM, wobei von einer täglichen Fahrleistung von 450 km ausgegangen wird. Nach vier Jahren soll der Bus verkauft werden. Der Resterlös wird auf 50% des Anschaffungspreises geschätzt. Ermitteln Sie die Zahlungsreihe der Investition, wenn folgende Kosten erwartet werden:

Variable Fahrzeugkosten	Pf/km
Kraftstoffkosten	26
Schmierstoffkosten	1
Reifenkosten	6
Reparaturkosten	7
zusammen	40

Fixe Fahrzeugkosten	DM/Jahr
Kfz-Steuer	7.000
Kaskoversicherung	8.500
Haftpflichtversicherung	4.500
sonstige auszahlungswirksame Kosten	20.000
Abschreibung (linear)	82.500
Kalkulatorische Kosten (Zinsen, Unternehmerlohn, Wagniszuschlag)	75.000
Fahrpersonalkosten	55.000
zusammen	252.500

**Lösung:**

Die Berechnung der Einzahlungen ( $e_t$ ) führt zu folgender Tabelle:

Jahr t	$e_t$
1	$180 \cdot 1.400 = 252.000$
2	$200 \cdot 1.400 = 280.000$
3	$220 \cdot 1.400 = 308.000$
4	$220 \cdot 1.400 = 308.000 + 330.000 = 638.000$ (Restverkaufserlös)

Wie bei den Einzahlungen wird auch bei den Auszahlungen davon ausgegangen, daß die Zahlungen am Ende eines Jahres erfolgen; man spricht dann von nachschüssiger Zahlungsweise (vgl. jedoch B 2.7 und B 3.6).

In den Auszahlungsstrom werden sowohl die Anschaffungsauszahlungen als auch die jährlichen Auszahlungen, die das Investitionsvorhaben verursacht, eingerechnet. In unserem obigen Beispiel handelt es sich um Auszahlungen für die variablen Kilometer-Kosten, die Steuern, die Versicherungen, die sonstigen (auszahlungswirksamen) Kosten und die Löhne und Gehälter. Nicht einbezogen werden die Abschreibungen und die kalkulatorischen Kosten. Die kalkulatorischen Kosten werden durch den zu wählenden Kalkulationszinsfuß berücksichtigt, während die Abschreibungen als Differenz der Anschaffungsauszahlung und

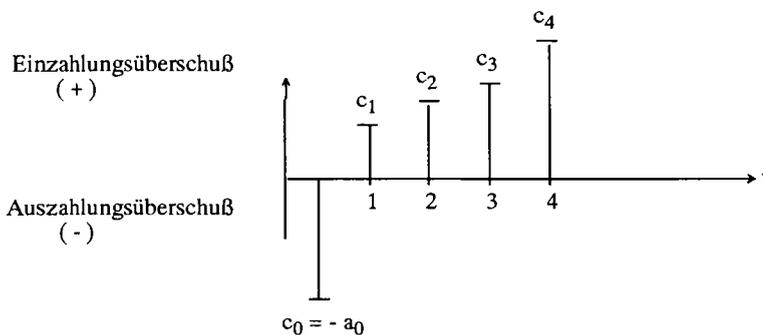
des Restverkaufserlöses am Ende der Laufzeit erfaßt werden. Somit ergeben sich folgende Auszahlungen ( $a_t$ ):

Jahr $t$	$a_t$
0	660.000
1	$180 \cdot 450 \cdot 0,40 + 95.000 = 127.400$
2	$200 \cdot 450 \cdot 0,40 + 95.000 = 131.000$
3	$220 \cdot 450 \cdot 0,40 + 95.000 = 134.600$
4	$220 \cdot 450 \cdot 0,40 + 95.000 = 134.600$

Den Saldo zwischen Ein- und Auszahlungen bezeichnet man als Einzahlungsüberschuß  $c_t$ :

Jahr $t$	Einzahlungen $e_t$	Auszahlungen $a_t$	Einzahlungsüberschuß (cash flow) $c_t = e_t - a_t$
0		660.000	-660.000
1	252.000	127.400	124.600
2	280.000	131.000	149.000
3	308.000	134.600	173.400
4	638.000	134.600	503.400

Die Zahlungsreihe der Investition läßt sich graphisch darstellen:



**2. KAPITALWERT**

**2.1 Begriff**

Ein Investor steht vor der Frage, ob er eine Investition (Kauf eines Reisebusses) mit folgender Zahlungsreihe durchführen soll:

t	0	1	2	3	4
$c_t$	-660.000	124.600	149.000	173.400	503.400

Zunächst wird unterstellt, daß die Investition aus Eigenkapital finanziert werden kann. Als Alternative (Basisalternative) bietet sich der Kauf einer Anleihe an, die eine Verzinsung von 10% aufweist, d.h., der Investor kann jederzeit sein Kapital zu 10% anlegen. Die Verzinsung der Basisalternative liefert daher die Grundlage für die Festsetzung des Kalkulationszinsfußes, der eben gerade 10% beträgt.

Im folgenden werde bezeichnet mit:

- $C_0$  = Kapitalwert einer Investition
- $p$  = Kalkulationszinsfuß ( $p > 0$ )
- $q = 1 + \frac{p}{100}$  (Aufzinsungsfaktor;  $q > 1$ )
- $I_0$  = Anschaffungsauszahlung ( $I_0 > 0$ ;  $I_0 = -c_0$ )
- $n$  = Investitionsdauer in Jahren
- $c_t$  = Einzahlungsüberschuß zum Zeitpunkt  $t$  mit  $t=1,2,3,\dots,n$ .

Beim Kauf der Anleihe wächst das Kapital in 4 Jahren zinseszinslich auf

$$660.000 \cdot 1,1^4 = 966.306 \text{ DM} = I_0 q^4$$

an.

Bei Durchführung der Investition werden die Rückflüsse zum Kalkulationszinsfuß angelegt.

t	0	1	2	3	4	
		124.600	149.000	173.400	503.400	= $c_4$
				$173.400 \cdot 1,1 = 190.740$		= $c_3 \cdot q$
			$149.000 \cdot 1,1^2 = 180.290$			= $c_2 \cdot q^2$
		$124.600 \cdot 1,1^3 = 165.842,60$				= $c_1 \cdot q^3$

Vermögensendwert  $K_4 = c_1 q^3 + c_2 q^2 + c_3 q + c_4 = 1.040.272,60$

Die Alternative Kauf eines Reisebusses führt zu einem höheren Vermögensendwert als die Basisalternative (Kauf einer Anleihe). Daher sollte aus rechnerischen Gesichtspunkten die Investition in den Reisebus getätigt werden; die Differenz der Endwerte beträgt

$$1.040.272,60 \text{ DM} - 966.306 \text{ DM} = 73.966,60 \text{ DM} .$$

Allgemein kann bei  $n=4$  gesagt werden, daß sich eine Investition lohnt, wenn gilt

$$c_1 \cdot q^3 + c_2 \cdot q^2 + c_3 \cdot q + c_4 > I_0 q^4$$

bzw.

$$\frac{c_1}{q} + \frac{c_2}{q^2} + \frac{c_3}{q^3} + \frac{c_4}{q^4} > I_0$$

bzw.

$$-I_0 + \frac{c_1}{q} + \frac{c_2}{q^2} + \frac{c_3}{q^3} + \frac{c_4}{q^4} > 0$$

oder

$$-I_0 + \sum_{t=1}^4 \frac{c_t}{q^t} > 0 .$$

Kapitalwert  $C_0$

Für die Bestimmung des Kapitalwertes mit beliebiger Investitionsdauer  $n$  gilt

$$C_0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{c_t}{q^t} .$$

Wird der Restverkaufs- bzw. Liquidationserlös  $R_n$  zum Zeitpunkt  $n$  gesondert ausgewiesen, dann lautet die Kapitalwertformel:

$$C_0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{c_t}{q^t} + \frac{R_n}{q^n} .$$

Für das obige Beispiel berechnet sich der Kapitalwert zu

$$\begin{aligned} C_0 &= - 660.000 + \frac{124.600}{1,1} + \frac{149.000}{1,1^2} + \frac{173.400}{1,1^3} + \frac{503.400}{1,1^4} \\ &= - 660.000 + 710.520,18 = 50.520,18 . \end{aligned}$$

Da

$$C_0 \cdot q^4 = c_1 \cdot q^3 + c_2 \cdot q^2 + c_3 \cdot q + c_4 - I_0 q^4,$$

ist, stimmt der Barwert der Differenz der Vermögensendwerte mit dem Kapitalwert überein, d.h.

$$\frac{73.966,60}{1,1^4} = 50.520,18 \text{ DM}.$$

Interpretation:

- Der Kapitalwert gibt den Vermögenszuwachs zum Zeitpunkt  $t=0$  an, den der Investor durch die Investition gegenüber der Basisalternative (Anlage zum Kalkulationszinsfuß) erfährt.
- Dem Investor müßte der Kapitalwert von 50.520,18 DM zum Zeitpunkt  $t=0$  geboten werden, damit er veranlaßt wird, die Investition nicht durchzuführen.
- Selbst wenn man die Investitionsauszahlung von 660.000 DM noch um den Kapitalwert von 50.520,18 DM erhöht, dann steht der Investor nicht schlechter da als bei der Realisation der Basisalternative.

An folgende Entscheidungsregeln sollte sich der Investor halten:

$C_0 > 0$ : Durchführung der Investition $C_0 < 0$ : Unterlassung der Investition
--

Tritt der Grenzfall  $C_0=0$  ein, so erreicht der Investor mit der Investition gerade seine vorgegebene Mindestverzinsung. Gegenüber der Basisalternative erreicht er keinen Vorteil, aber auch keinen Nachteil.

Ob die Investition letztlich durchgeführt wird, hängt bei positivem Kapitalwert zusätzlich von den in Abb. 1 genannten Faktoren sowie vom Barwert der Vergütungen ab, die der Investor für seinen Unternehmerlohn im Vergleich zur Basisalternative kalkuliert.

Zwischen dem Vermögensendwert

$$K_n = c_1 q^{n-1} + c_2 q^{n-2} + \dots + c_{n-1} q + c_n$$

und dem Kapitalwert  $C_0$  der Investitionsalternative

$$C_0 = -I_0 + \frac{c_1}{q} + \frac{c_2}{q^2} + \dots + \frac{c_n}{q^n}$$

besteht, wie man leicht nachvollziehen kann, folgender Zusammenhang:

$K_n = (C_0 + I_0) q^n$
-------------------------

Beispielsweise ist

$$1.040.272,60 = (50.520,18 + 660.000) 1,1^4.$$

Da für den Vermögensendwert der Basisalternative

$$K_n^B = I_0 q^n$$

gilt, - die Investitionsauszahlung verzinst sich genau mit dem Kalkulationszinsfuß -, ist der Kapitalwert der Basisalternative immer Null;

$$C_0 = -660.000 + \frac{66.000}{1,1} + \frac{66.000}{1,1^2} + \frac{66.000}{1,1^3} + \frac{726.000}{1,1^4} = 0.$$

Eine Investition lohnt sich, wenn die Differenz der Vermögensendwerte aus Investitions- und Basisalternative positiv ist, d.h.

$$K_n - K_n^B = (C_0 + I_0) q^n - I_0 q^n = C_0 q^n > 0$$

bzw.

$$\frac{K_n - K_n^B}{q^n} = C_0 > 0.$$

## 2.2 Kapitalwert bei konstanten Einzahlungsüberschüssen

Besonders einfach gestaltet sich die Berechnung des Kapitalwertes bei konstanten Einzahlungsüberschüssen.

### ◆ Beispiel:

Eine Investitionsauszahlung über 100 DM führe 4 Jahre lang zu Einzahlungsüberschüssen von je 50 DM. Wie hoch ist der Kapitalwert bei einem Kalkulationszinsfuß von 20%?

**Lösung:**

$$\begin{aligned} C_0 &= -100 + \frac{50}{q} + \frac{50}{q^2} + \frac{50}{q^3} + \frac{50}{q^4} \\ &= -100 + 50 \left( \frac{1}{q} + \frac{1}{q^2} + \frac{1}{q^3} + \frac{1}{q^4} \right) \\ &\quad \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{geometrische Reihe (vgl. Anhang I)}} \\ &= -100 + 50 \frac{1}{q^4} \frac{q^4 - 1}{q - 1}. \end{aligned}$$

Da  $p=20$ , folgt

$$C_0 = -100 + 50 \cdot \frac{1}{1,2^4} \cdot \frac{1,2^4 - 1}{0,2} = 29,44.$$

◆

Bei konstanten Einzahlungsüberschüssen gilt für den Kapitalwert

$$C_0 = -I_0 + \frac{c}{q} + \frac{c}{q^2} + \frac{c}{q^3} + \dots + \frac{c}{q^n}$$

bzw.

$$C_0 = -I_0 + c \frac{1}{q^n} \frac{q^n - 1}{q - 1}$$

oder

$$C_0 = -I_0 + c \cdot \text{RBF}_p^n$$

Der Rentenbarwertfaktor  $\text{RBF}_p^n$  für  $n$  Jahre bei einem Zinsfuß von  $p$  ist entweder mit dem Taschenrechner zu berechnen oder der Tabelle A im Anhang II zu entnehmen.

Bei der Berücksichtigung eines Liquidationserlöses  $R_n$  ist die Kapitalwertformel wie folgt zu modifizieren:

$$C_0 = -I_0 + c \frac{1}{q^n} \frac{q^n - 1}{q - 1} + \frac{R_n}{q^n}$$

Für unendliche Laufzeiten ( $n \rightarrow \infty$ ) ist

$$\begin{aligned} C_0 &= -I_0 + c \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{1}{q^n} \frac{q^n - 1}{q - 1} \right) \\ &= -I_0 + c \lim_{n \rightarrow \infty} \left\{ \frac{1}{q^n} \left( \frac{q^n}{q - 1} - \frac{1}{q - 1} \right) \right\} \end{aligned}$$

bzw.

$$C_0 = -I_0 + \frac{c}{q - 1}$$

#### ◆ Beispiel:

Ein Investor kauft ein Mietshaus, das 1 Million DM kostet. In den ersten 10 Jahren rechnet er mit Netto-Mieteinnahmen von jährlich 60.000 DM; danach steigen die Mieteinnahmen auf 80.000 DM. Nach 20 Jahren rechnet er mit einem Verkaufserlös von 1,8 Mio. DM.

Berechnen Sie den Kapitalwert der Investition, wenn ein Kalkulationszinsfuß von 8% unterstellt wird.

**Lösung:**

$$\begin{aligned}
C_0 &= -1.000.000 + 60.000 \frac{1}{1,08^{10}} \frac{1,08^{10}-1}{0,08} + \frac{1}{1,08^{10}} \left( 80.000 \frac{1}{1,08^{10}} \frac{1,08^{10}-1}{0,08} \right) + \frac{1.800.000}{1,08^{20}} \\
&= -1.000.000 + 402.604,88 + 248.645,28 + 386.186,77 \\
&= 37.436,93 .
\end{aligned}$$



Die Kapitalwertformel mit unendlicher Lebensdauer dient zur Abschätzung des Kapitalwertes von Investitionsobjekten mit langen Zahlungsreihen. Oft ist die Investitionsdauer im voraus unbekannt, aber man geht davon aus, daß sie sehr lang ist (z.B. Kauf eines Mietshauses).

◆ **Beispiel:**

Eine Investition über 1.000 DM führt

- a) in den nächsten
  - aa) 20 Jahren
  - ab) 50 Jahren
  - ac) 100 Jahren

- b) ewig

zu jährlichen Einzahlungsüberschüssen von 90 DM. Berechnen Sie die Kapitalwerte bei einem Kalkulationszinsfuß von 10%.

**Lösung:**

$$aa) \quad C_0 = -1.000 + 90 \frac{1}{1,1^{20}} \frac{1,1^{20}-1}{0,1} = -233,78$$

$$ab) \quad C_0 = -1.000 + 90 \frac{1}{1,1^{50}} \frac{1,1^{50}-1}{0,1} = -107,67$$

$$ac) \quad C_0 = -1.000 + 90 \frac{1}{1,1^{100}} \frac{1,1^{100}-1}{0,1} = -100,07$$

$$b) \quad C_0 = -1.000 + 90 \frac{1}{0,1} = -100 .$$

