Wirtschaftliche Grundlagen

im Sommersemester 2021

Investitionsrechnung: Teil 1

Prof. Tom Brown
Fachgebiet „Digitaler Wandel in Energiesystemen“ / TU Berlin
E-Mail: WiGr.Team@ensys.tu-berlin.de

Investition: Fragen

- Unter welchen Bedingungen lohnt es sich, Investitionen zu tätigen?
- Sollte Tesla eine neue Fabrik in Berlin errichten?
- Wird der Cashflow von den verkauften Autos die Investitionskosten ausgleichen?
- Wie vergleichen wir eine Investition in Maschine A mit einer Investition in Maschine B?
- Wie vergleichen wir eine Investition mit anderen Anlagenmöglichkeiten (Aktien, Anleihen, usw.)?
- Wie ändert sich das Bild, wenn wir eine Investition um 5 Jahre verschieben?
- Wie ändert sich der Wert von Geld mit der Zeit?

Investitionen: Grundlagen

- **Allgemein**: Verfügbare Ressourcen (z. B. Zahlungsmittel) für einen bestimmten und auf die Zukunft gerichteten Zweck einzusetzen

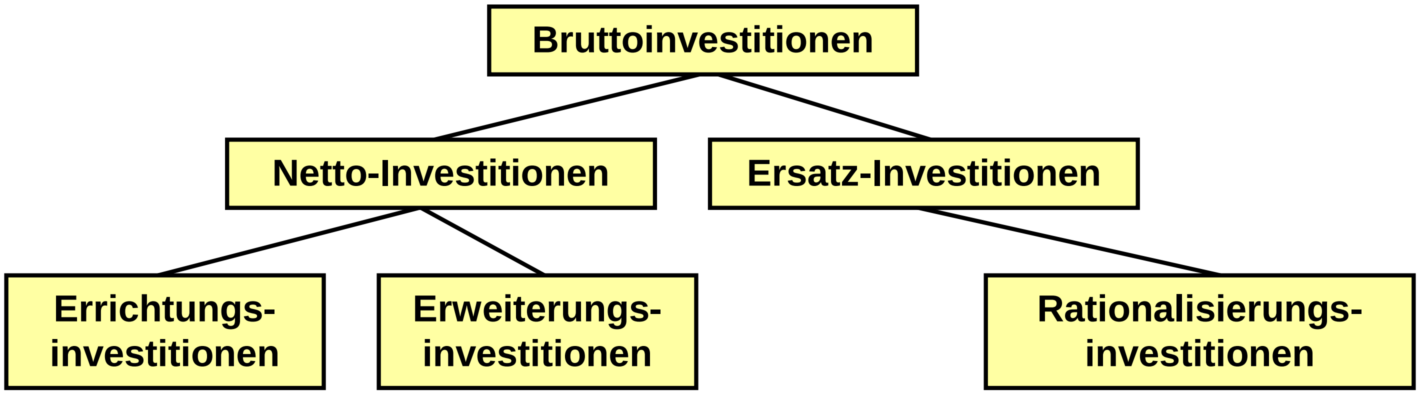
- **Vermögensorientierter Investitionsbegriff**: Investitionen bedeuten eine langfristige Festlegung finanzieller Mittel (Aktivierung von Ausgaben in der Bilanz)

- **Zahlungsstromorientierter Investitionsbegriff**: Zeitreihe von *Cash-Flows*, die mit negativen Werten (Auszahlungen) beginnt

- Merkmal von Investitionen: (teilweise) **Irreversibilität**

Arten von Investitionen

- Netto-Investitionen: Neugründungen (Errichtungsinvestition) und bei Erweiterung der Geschäftsmöglichkeiten (Erweiterungsinvestition)
- Ersatzinvestitionen: Ersetzung einer älteren Maschine. Dies sind meist Rationalisierungsinvestitionen, da neue Maschine besser funktioniert als Alte
- Summe aus Netto- und Ersatzinvestitionen ergibt Bruttoinvestitionen



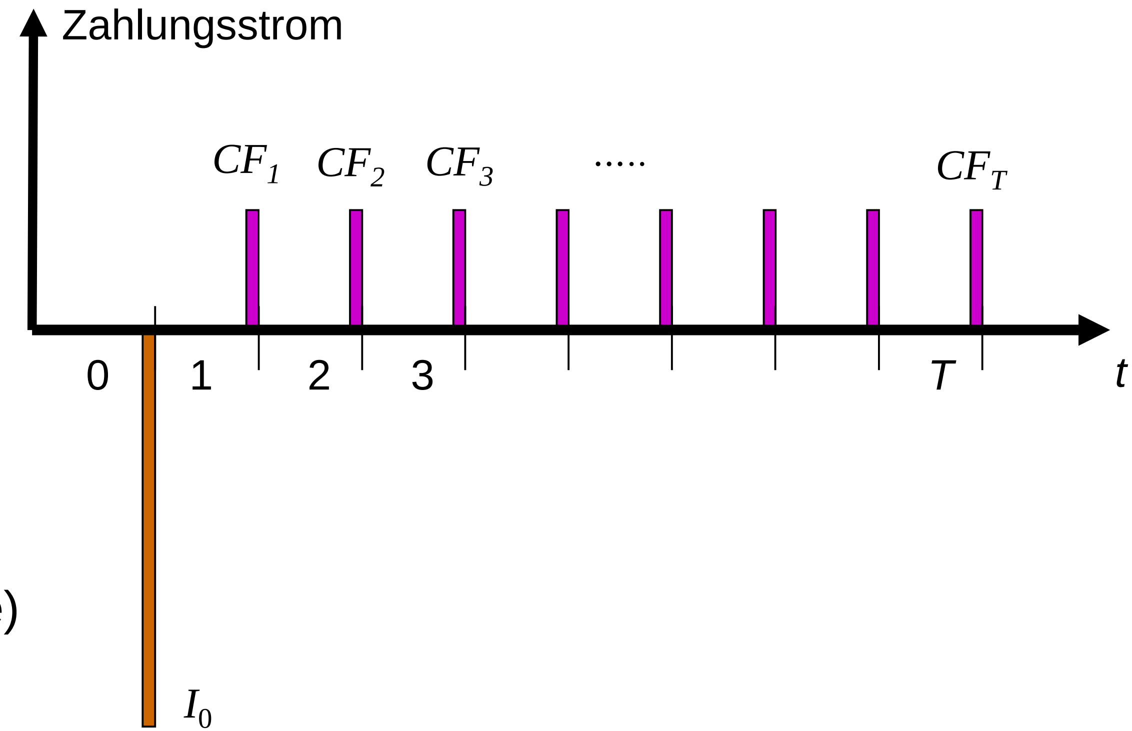
Investitionen: Zahlungsströme

Wir möchten eine Investition am Ende der 0. Periode I_0 mit den resultierenden Cashflows CF_t (z.B. Erlös minus Kosten) in den folgenden Jahren vergleichen.

t = Zeit (z.B. Jahre)
T = Lebensdauer
I_0 = Investition am Anfang
CF_t = Cashflow am Ende jeder Periode

$$CF_t = pQ_t - V_t - B_t - Z_t$$

p = Preis
Q_t = verkaufte Menge
V_t = Verbrauchskosten (variable)
B_t = Betriebskosten (oft fix)
Z_t = Zinszahlungen



Verfahren der Investitionsrechnung

Statische Verfahren

- …bildet Durchschnittswerte für jährliche Ausgaben und Einnahmen
- …ignoriert den Zeitwert des Geldes
- Vorteil: einfach, geringer Datenbeschaffungs- und Berechnungsaufwand
- Nachteil: berücksichtigt weder die jährlichen Geldströme noch dem Zeitwert des Geldes

Dynamische Verfahren

- …stellt die Geldströme über alle Jahre gegenüber
- …berücksichtigt den Zeitwert des Geldes
- Vorteil: sehr genau
- Nachteil: aufwändiger, Datenintensiv

Verfahren der Investitionsrechnung

Statische Verfahren

- **Kostenvergleichsrechnung**
  + Betriebskosten p.a.
  + durchschnittl. Kapitalkosten p.a.
  <u>+ kalkulatorische Abschreibungen p.a.</u>
  Jahreskosten
- **Gewinnvergleichsrechnung**
  Umsatzerlöse ./. Jahreskosten
- **Rentabilitätsrechnung**
  EBIT = Gewinn vor Steuern + Fremdkapital-Zinsen
  ROI = *EBIT* / Ø-Kapital
- **Amortisationsrechnung**
  Break even = Investition / *Ø-CashFlow*

Dynamische Verfahren

(*time value of money*)

- **Kapitalwertmethode**
  PV = Summe der diskontierten *CF*
  NPV = *PV* - Investition > 0?
- **Annuitätenmethode**
  Transformation einer Zahlungsreihe in eine Annuität
- **Methode des internen Zinsfusses**
  IRR = Kalkulationszins bei [*NPV*=0]

Statische Verfahren: Kostenvergleichsrechnung

- Berücksichtigt die zeitliche Änderung des Geldwertes nicht
- Berechnung der durchschnittlichen Jahreskosten für verschiedene Optionen

Beispiel: Elektroauto gegenüber Benziner. Beide haben eine Lebensdauer *T* von 10 Jahren, einen Restwert von Null.

	Benziner	Elektroauto
Anschaffungskosten I_0	30.000	60.000
Jährliche Abschreibung A_t	3.000	6.000
Kapitalkosten (Zins) Z_t	1.200	2.400
Betriebskosten B_t	2.000	200
Verbrauchskosten V_t	4.000	1.000
Summe Jahreskosten	**10.200**	**9.600**

Schlussfolgerung: Elektroauto kaufen!

Statische Verfahren: Gewinnvergleichsrechnung

- Neben Berücksichtigung der Kosten werden auch erzielte Umsätze berücksichtigt:

Gewinn = Umsatzerlös - Kosten

Beispiel: Taxifahrer*in kauft Elektroauto oder Benziner. Beide haben eine Lebensdauer T von 10 Jahren, einen Restwert von Null.

	Benziner	**Elektroauto**
Jährliche Erlöse	12.000	14.000
Jährliche Abschreibung A_t	-3.000	-6.000
Kapitalkosten (Zins) Z_t	-1.200	-2.400
Betriebskosten B_t	-2.000	-200
Verbrauchskosten V_t	-4.000	-1.000
Jahresgewinn	**1.800**	**4.400**

Statische Verfahren: Rentabilitätsrechnung

- Gewinn nicht absolut, sondern im Verhältnis zum eingesetzten Kapital betrachten.

Rentabilität = ROI

= EBIT / durchschnittlich gebundenes Kapital

ROI = Return on Investment

EBIT = Earnings Before Interest and Taxes

Rentabilität kann mit anderen Anlagemöglichkeiten verglichen.

Statische Verfahren: Amortisationsrechnung

- Bestimmung der Amortisationsdauer, in der das investierte Kapital für die Investition wieder zurückerwirtschaftet ist. Es wird der Zeitpunkt berechnet, bei dem die Anfangsinvestition durch die jährlichen Rückflüsse (Cash-Flow) gedeckt ist.

$$T_A = min\left\{ t_A;\ \sum_{t=1}^{t_A} CF_t = I_0 \right\}$$

	Benziner	**Elektroauto**
Jährliche Erlöse	12.000	14.000
Kapitalkosten (Zins) Z_t	-1.200	-2.400
Betriebskosten B_t	-2.000	-200
Verbrauchskosten V_t	-4.000	-1.000
Cash-Flow CF_t	**4.800**	**10.400**
Amortisationsdauer T_A	**6.25**	**5.87**

NB: Nur zahlungswirksame Beiträge zählen zum Cash-Flow; Abschreibungen zählen nicht, weil die nur einen Buchungsvorgang darstellen.

Dynamisches Verfahren: Zeitwert des Geldes

- Was wäre Ihnen lieber: €1000 heute, oder €1000 in 3 Jahren?

€1000 heute kann man mit einem Zinssatz von 5% bei der Bank anlegen.

Nach 3 Jahren hätte man

$$€1000 \cdot (1 + 0.05)^3 = €1158$$

Richtige Antwort: Lieber das Geld heute nehmen und die Opportunität nutzen, anzulegen!

„Künftiges Geld ist weniger wert als heutiges."

Dynamisches Verfahren: Zeitwert des Geldes

- Was wäre Ihnen lieber: €1000 heute, oder €1300 in 5 Jahren?

Mit €1000 heute hätte man Nach 5 Jahren hätte nur

$$€1000 \cdot (1 + 0.05)^5 = €1276$$

Richtige Antwort: Lieber auf's €1300 in 5 Jahren warten!

Dynamisches Verfahren: Barwert und Diskontierung

Um Vergleichbarkeit zwischen Ausgaben und Einnahmen in verschiedenen Jahren zu schaffen, einigen wir uns auf einen bestimmten Zeitpunkt, um die Geldströme auszuwerten.

Am einfachsten: der heutige Wert, der **„Present Value"** oder **Barwert**.

Unter Berücksichtigung des **Kalkulationszinssatzes** *i* multiplizieren wir die Ausgaben oder Einnahmen im Jahr *t* mit dem **Diskontierungsfaktor**

$$\frac{1}{(1+i)^t}$$

um den Barwert zu berechnen. Wir haben damit den künftigen Geldfluss **diskontiert**.

Spätere Ausgaben und Einnahmen sind aus heutiger Sicht **weniger wert**.

„Künftiges Geld ist weniger wert als heutiges."

Dynamisches Verfahren: Barwert und Diskontierung

Für unser Beispiel mit Kalkulationszinssatz 5% können wir jetzt die Optionen einordnen:

Einnahme (€)	**Jahr**	**Barwert (€)**
1000	3	$\frac{1000}{(1+0.05)^3} = 863$
1000	0	$\frac{1000}{(1+0.05)^0} = 1000$
1300	5	$\frac{1300}{(1+0.05)^5} = 1019$

Dynamisches Verfahren: Zinsrechnung und Zinseszins

- Berücksichtigung des Zeitwerts des Geldes durch Zinsrechnung
- Bestimmung des Wertes einer einmaligen Zahlung K_0 nach T Perioden der Verzinsung bei einem Zinssatz von i
- Aufzinsung: Bestimmung von K_T durch K_0, T und i
- Abzinsung/Diskontierung: Bestimmung von K_0 bei bekanntem K_T

$$K_0 = K_0$$

$$K_1 = K_0 + i \cdot K_0 = K_0 \cdot (1 + i) = K_0 \cdot (1 + i)^1$$

$$K_2 = K_1 + i \cdot K_1 = K_1 \cdot (1 + i) = K_0 \cdot (1 + i)^2$$

$$\dots$$

$$K_T = K_0 \cdot (1 + i)^T$$

$$K_0 = \frac{K_T}{(1 + i)^T}$$

Zins- und zinseszinsrechnung

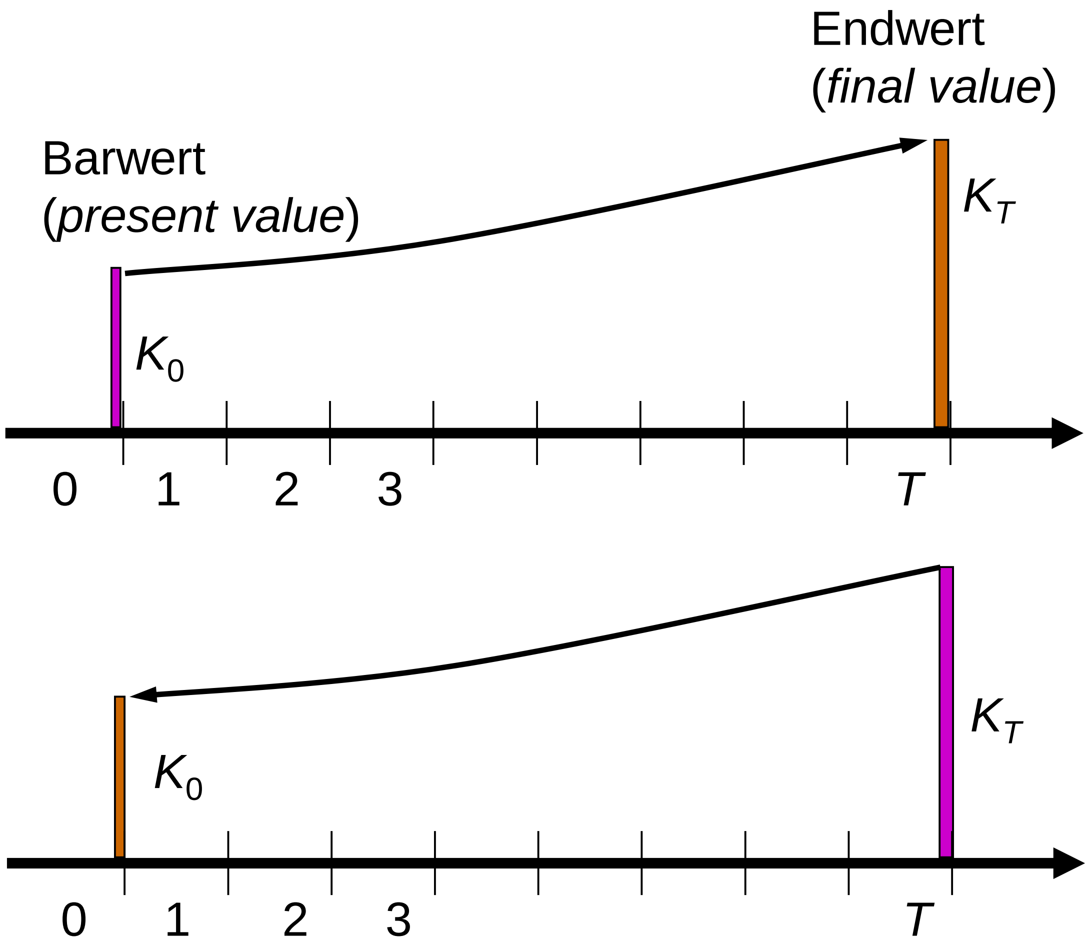
K = Kapital
i = Zinssatz
T = Endzeitpunkt

Aufzinsung:

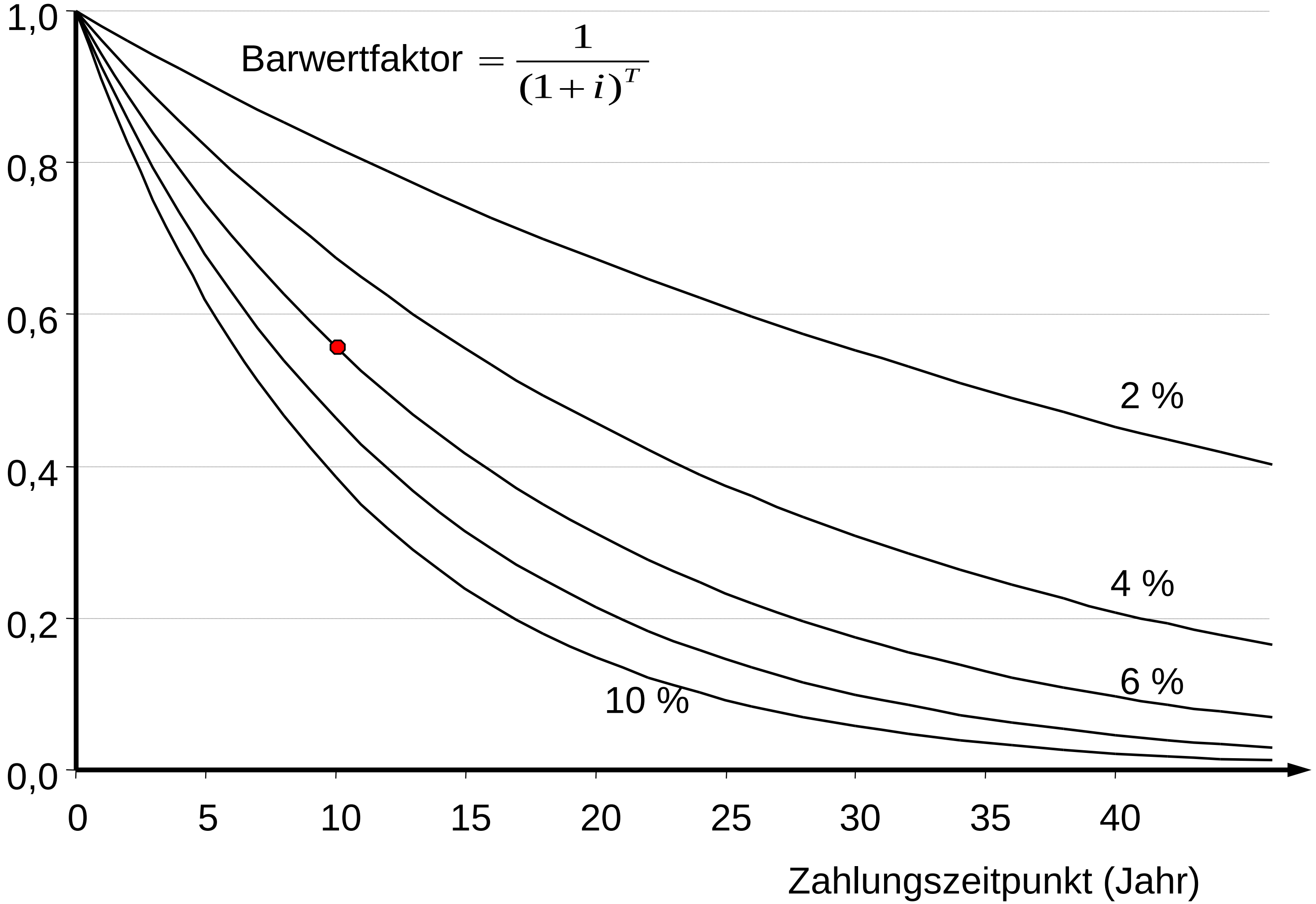
$$K_T = K_0 \cdot (1+i)^T$$

Abzinsung:

$$K_0 = K_T \cdot \frac{1}{(1+i)^T}$$

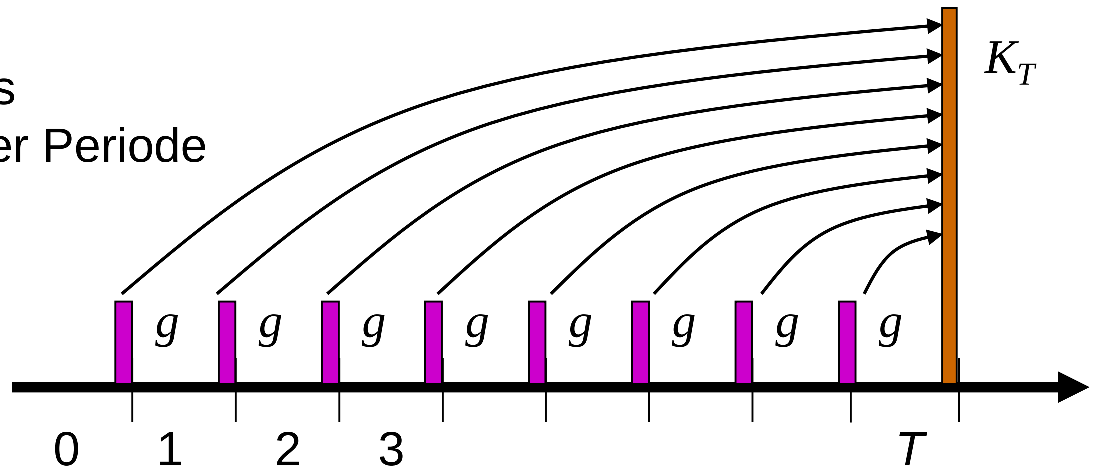


Barwert einer künftigen Zahlung



Aufzinsung periodengleicher Zahlungen

K_T = Endwert des Kapitals
g = Zahlung am Ende der Periode
i = Kalkulationszins
q = (1+i) Zinsfaktor
T = Endzeitpunkt



Wert am Ende der 1. Periode $K_1 = g \cdot (1+i) = g \cdot q$

Wert am Ende der 2. Periode $K_2 = g \cdot q^2 + g \cdot q$

Wert am Ende der 3. Periode $K_3 = g \cdot q^3 + g \cdot q^2 + g \cdot q$

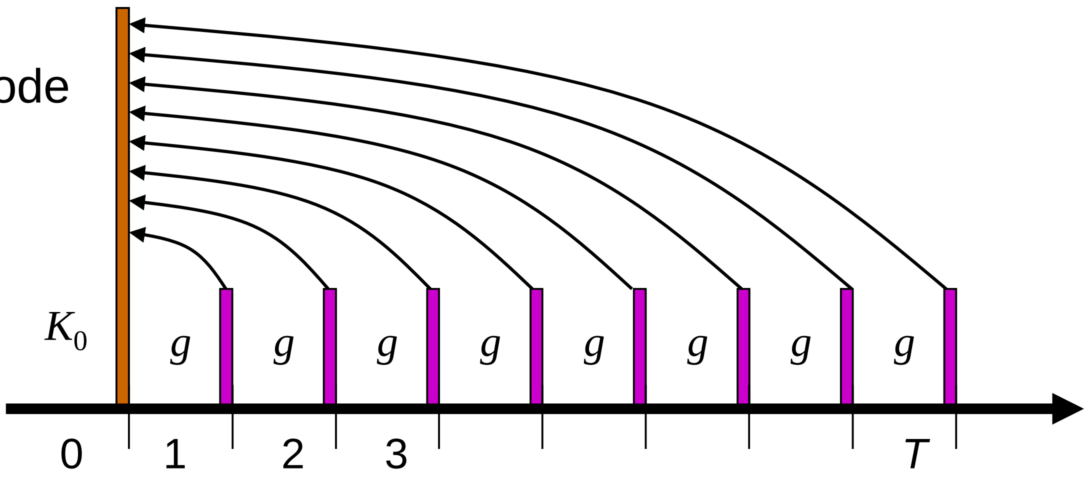
Wert am Ende von Periode T
(Geometrische Reihe)

$$K_T = g \cdot \left(1 + q + q^2 + \ldots + q^T\right) = g \cdot \frac{q^T - 1}{q - 1} =$$

$$= g \cdot \frac{(1+i)^T - 1}{i}$$

Abzinsung periodengleicher Zahlungen

K_0 = Barwert des Kapitals
am Ende der 0. Periode
g = Zahlung am Ende
jeder Periode
i = Kalkulationszins
q = $(1+i)$ Zinsfaktor
T = Endzeitpunkt



$$K_0 = g \cdot \frac{q^T - 1}{q - 1} \cdot \frac{1}{q^T} = g \cdot \frac{1 - q^{-T}}{q - 1} = g \cdot \frac{(1+i)^T - 1}{i \cdot (1+i)^T}$$

Dynamisches Verfahren: Kapitalwert

Der **Kapitalwert** (auch **Nettobarwert** oder **„Net Present Value"**) eines Projekts bildet sich aus der Summe der diskontierten Cashflows aller betroffenen Periode ebenso die Anfangsinvestition:

$$NPV = \sum_{t=0}^{T} \frac{CF_t}{(1+i)^t} = -I_0 + \sum_{t=1}^{T} \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

NPV = Kapitalwert

CF_t = Erwarteter Cash-Flow in Periode t

i = Kalkulationszins

T = Kalkulatorische Projektlaufzeit

Ist der Kapitalwert positiv, so ist bei gegebenem Zinssatz *i* der Barwert der Einnahmen größer als der Barwert der Ausgaben.

Schlussfolgerung: Wenn $NPV > 0$, lohnt sich die Investition.

Wenn $NPV < 0$, lieber mit einer Rendite von *i* woanders investieren.

Für Vergleiche zwischen Investitionen, ein höherer NPV ist vorteilhafter.

Beispiel: Photovoltaikanlage

Ein Unternehmen überlegt sich, ob es in eine Photovoltaik-Anlage auf dem Dach investiert. Die Kennzahlen:

Größe	100 kW
Spezifische Investitionskosten	800 €/kW
Betriebskosten	20 €/kW/a
Einspeisetarif	0.1 €/kWh
Volllaststunden	1000
Dauer der Vergütung	20 Jahre

Das Unternehmen kann sein Geld mit ähnlichem Risiko mit einer Rendite von 5% woanders anlegen.

Lohnt es sich in die Photovoltaik-Anlage zu investieren?

Beispiel: Photovoltaikanlage

Alle Cash-Flows (Kosten und Erlöse) in €:

Jahr t	0	1	2	3	…	T = 20
Investitionskosten I_t	80.000	0	0	0		0
Betriebskosten B_t	0	2.000	2.000	2.000		2.000
Umsatzerlöse pQ_t	0	10.000	10.000	10.000		10.000
Cash-Flow CF_t	-80.000	8.000	8.000	8.000		8.000
Diskontierungsfaktor	$\frac{1}{(1+i)^0}$	$\frac{1}{(1+i)^1}$	$\frac{1}{(1+i)^2}$	$\frac{1}{(1+i)^3}$		$\frac{1}{(1+i)^{20}}$

$$NPV = -80.000 + \sum_{t=1}^{T} \frac{(10.000 - 2.000)}{(1+i)^t} = -80.000 + 8.000 \cdot \frac{(1+i)^T - 1}{i \cdot (1+i)^T}$$
$$= -80.000 + 8.000 \cdot 12{,}5 = 19.698$$

Schlussfolgerung: Es lohnt sich in die Photovoltaik-Anlage zu investieren!

Beispiel: Photovoltaikanlage

Vorsicht!

Die Rechnung ist gegenüber Änderung des Zinssatzes sehr sensibel, z.B. mit i = 0.08:

$$\mathrm{NPV} = -80.000 + 8.000 \cdot 9{,}8 \ = -1.454$$

Schlussfolgerung: Es lohnt sich nicht mehr in die Photovoltaik-Anlage zu investieren.