# 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

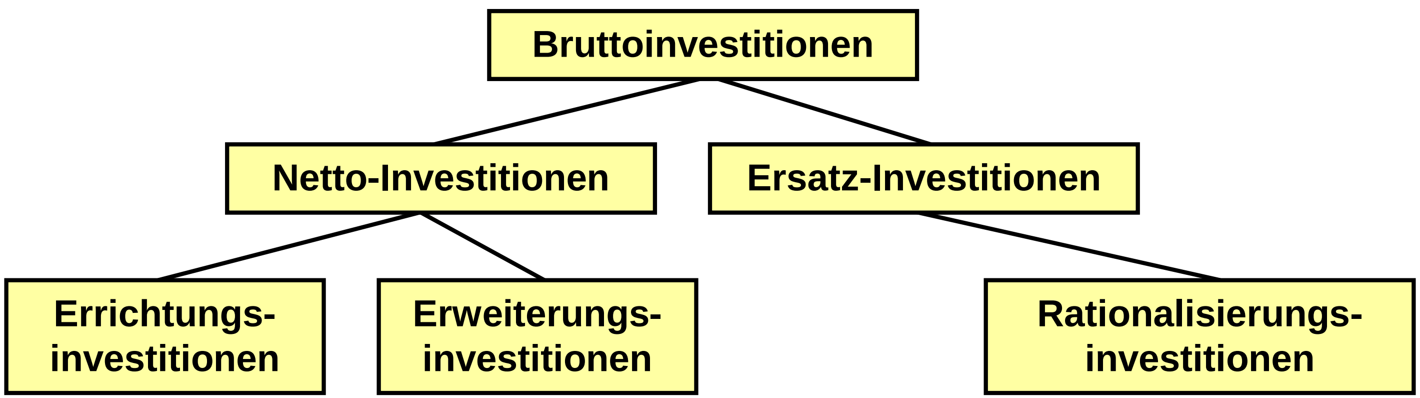
- **Vermögensorientierter Investitionsbegriff**: Investitionen bedeuten eine langfristige Festlegung finanzieller Mittel (Aktivierung von Ausgaben in der Bilanz)

- **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



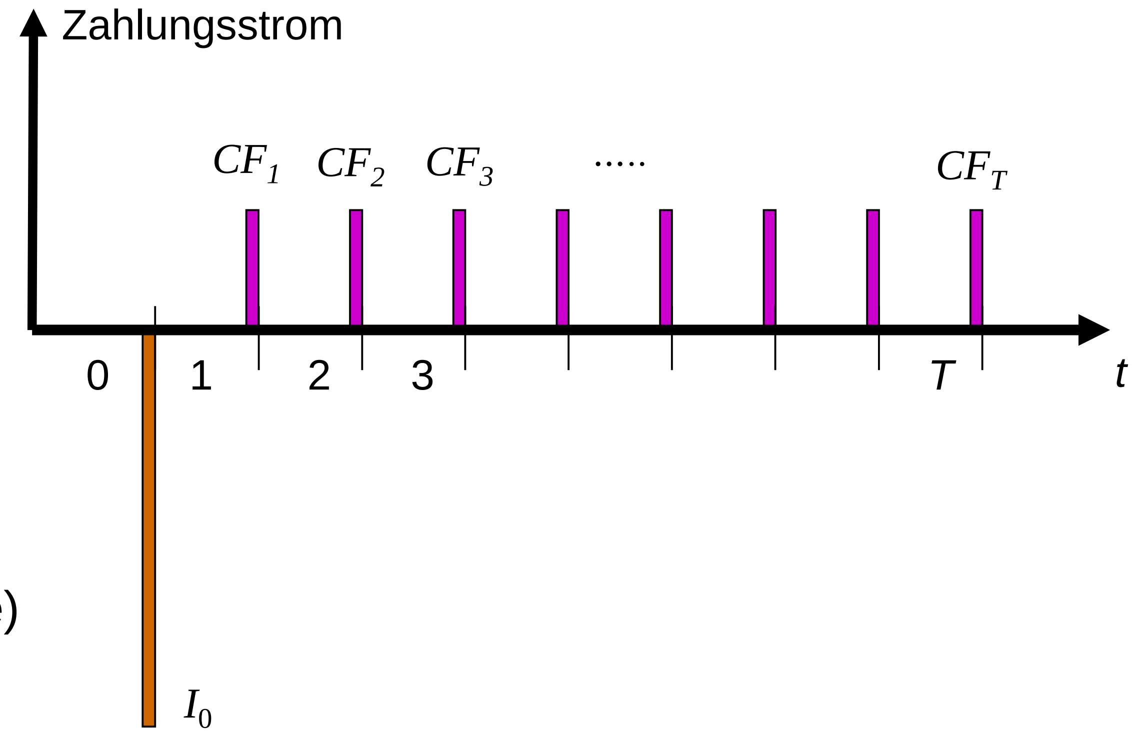
# Investitionen: Zahlungsströme

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 **Barwertfaktor** (auch **Diskontierungsfaktor** genannt)

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

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 $K_T$

$$K_0 = K_0$$

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

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

$$\dots$$

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

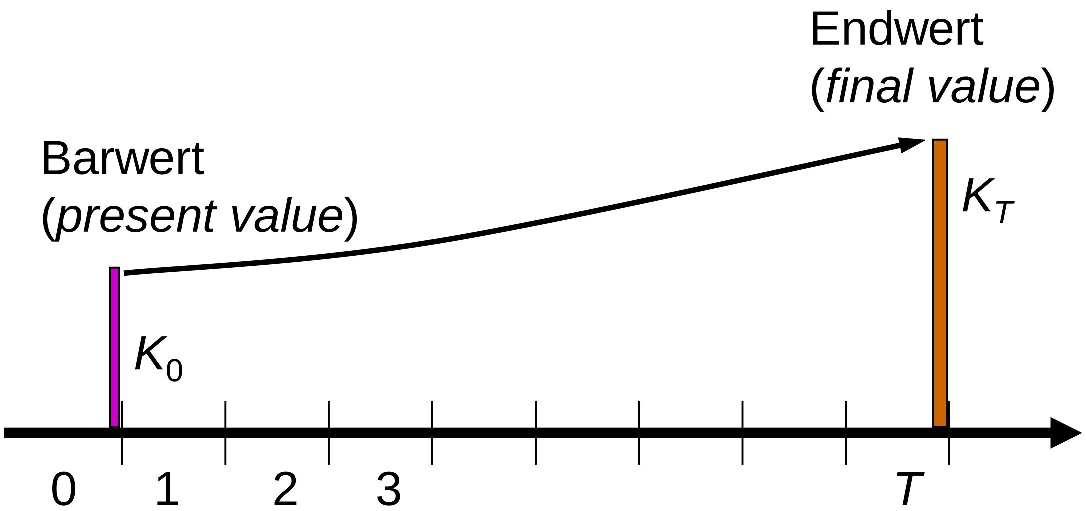
$$K_0 = \frac{K_T}{(1+i)^T}$$

# Zins- und zinseszinsrechnung

$K$ = Kapital
$i$ = Zinssatz
$T$ = Endzeitpunkt

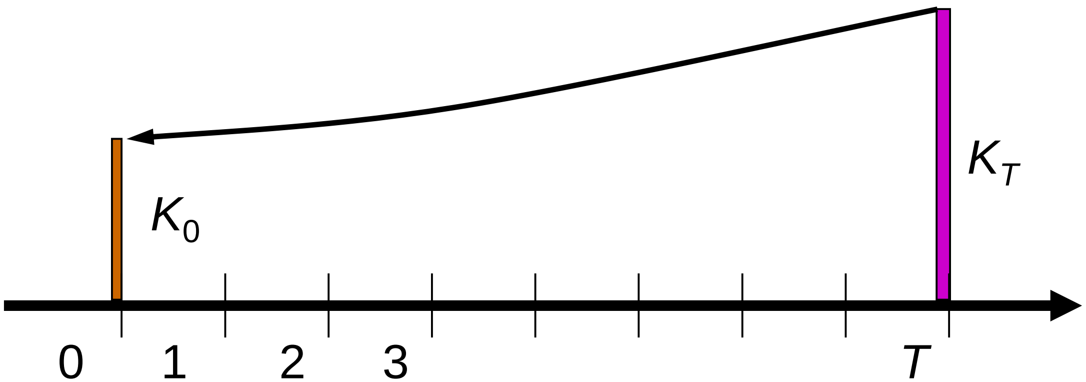
Aufzinsung:

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

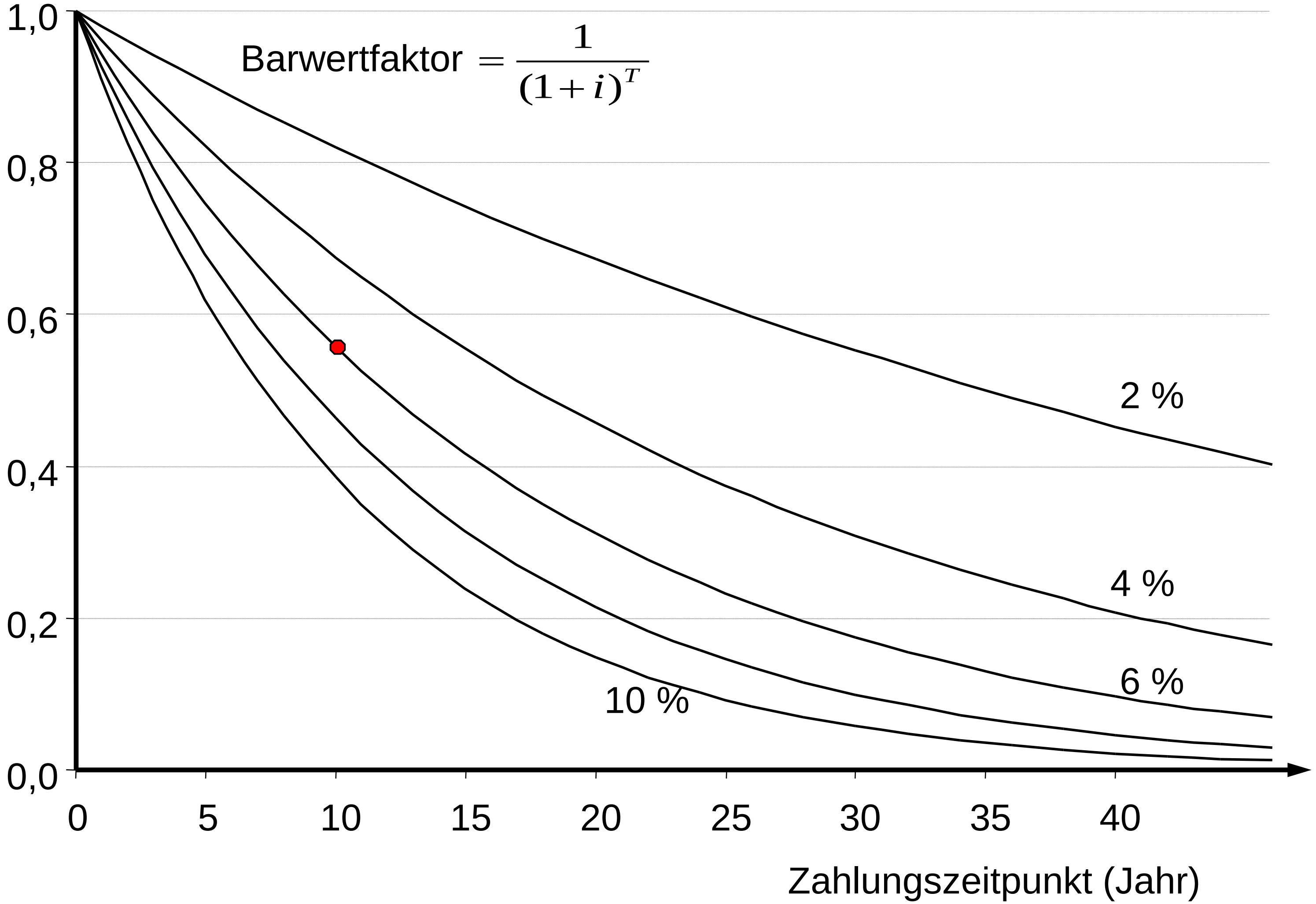



Abzinsung:

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

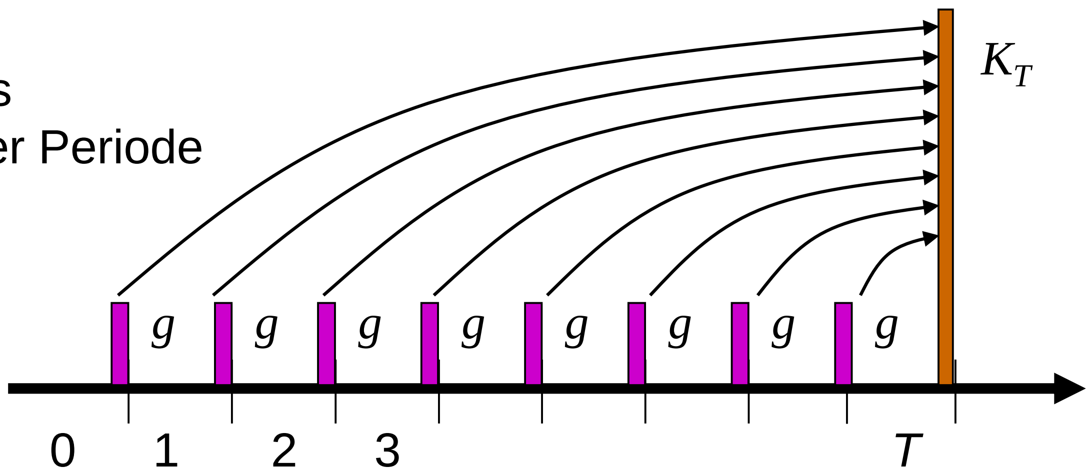


# Barwert einer künftigen Zahlung



# 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 $K_3 = g \cdot q^3 + g \cdot q^2 + g \cdot q$

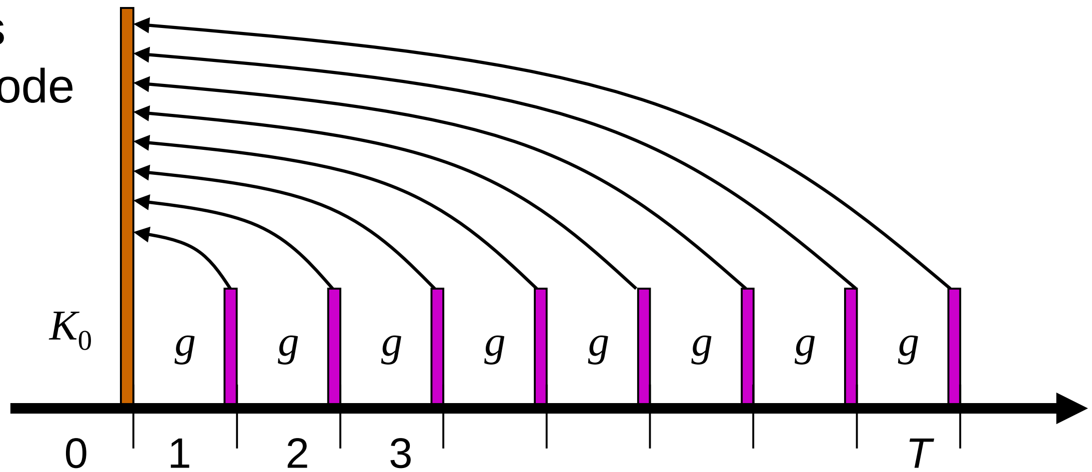
Wert am Ende von Periode *T*
(Geometrische Reihe)

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

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

# 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




$$K_0 = g \cdot (1 + q^{-1} + q^{-2} + q^{-3} \ldots + q^{-T})$$

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

# 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.