Wirtschaftliche Grundlagen, WiSe 2026/27

Folien 5: Investitionsrechnung

Prof. Tom Brown, Dr. Fabian Neumann
Fachgebiet Digitaler Wandel in Energiesystemen
Institut für Energietechnik, TU Berlin

Unless otherwise stated, graphics and text are Copyright © Tom Brown, 2018–2026. Material for which no other attribution is given is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence.

Inhalt

1. Grundlagen und Verfahren

2. Statische Investitionsrechnung

3. Zeitwert des Geldes

4. Kapitalwert und Photovoltaik-Beispiel

5. Interner Zinsfuß und Annuitäten

6. Grenzen, Zeithorizonte und Inflation

Grundlagen und Verfahren

Investition: Fragen

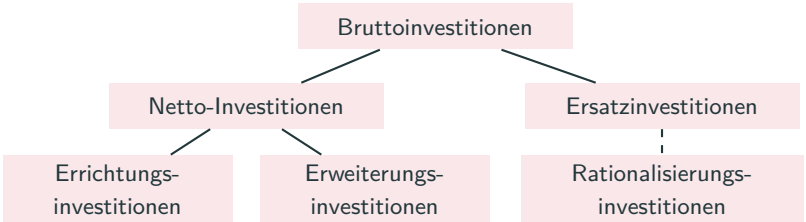
- Unter welchen Bedingungen lohnt es sich, Investitionen zu tätigen?
- Wie vergleichen wir Investitionskosten mit regelmäßigen Zahlungsflüssen (Cashflows)?
- Sollte Tesla eine neue Fabrik in Berlin errichten? Wird der Cashflow von den verkauften Autos die Investitionskosten ausgleichen?
- Wie vergleichen wir eine Investition in Fabrik A mit einer Investition in Fabrik B?
- Wie vergleichen wir eine Investition mit anderen Anlagemöglichkeiten (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 einsetzen
- **Vermögensorientierter Investitionsbegriff:** Investitionen bedeuten eine langfristige Festlegung finanzieller Mittel (Aktivierung von Ausgaben in der Bilanz).
- **Zahlungsstromorientierter Investitionsbegriff:** Zeitreihe von Cashflows, die mit negativen Werten (Auszahlungen) beginnt
- Merkmal von Investitionen: (teilweise) **Irreversibilität**

Arten von Investitionen

- **Netto-Investitionen:** Neugründungen (Errichtungsinvestitionen) und Erweiterung der Geschäftsmöglichkeiten (Erweiterungsinvestitionen)
- **Ersatzinvestitionen:** Ersetzung einer älteren Maschine ohne Änderung der Kapazität; häufig zugleich Rationalisierung, da die neue Maschine besser funktioniert als die alte
- Summe aus Netto- und Ersatzinvestitionen ergibt **Bruttoinvestitionen**.



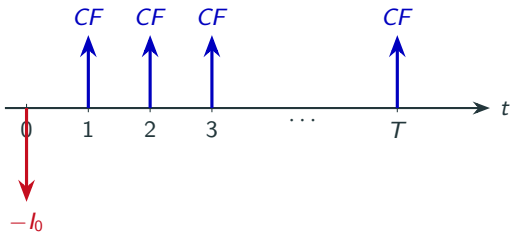
Investitionen: Zahlungsströme

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

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

$p,\ Q_t$	Preis, verkaufte Menge
V_t	Verbrauchskosten (variabel)
B_t	Betriebskosten (oft fix)
Z_t	Zinszahlungen



Hier: Cashflow nach Zinszahlungen. Bei der späteren Bewertung des Gesamtprojekts werden Finanzierungskosten über den Kalkulationszins erfasst.

Verfahren der Investitionsrechnung

Statische Verfahren

- Bilden Durchschnittswerte für jährliche Ausgaben und Einnahmen
- Ignorieren den Zeitwert des Geldes

Vorteil: einfach; geringer Datenbeschaffungs- und Berechnungsaufwand
Nachteil: berücksichtigen weder den zeitlichen Verlauf der Geldströme noch den Zeitwert des Geldes

Dynamische Verfahren

- Stellen die Geldströme über alle Jahre gegenüber
- Berücksichtigen den Zeitwert des Geldes

Vorteil: genauere zeitliche Abbildung
Nachteil: aufwendiger, datenintensiv; abhängig von den Annahmen zu künftigen Zahlungen

Verfahren der Investitionsrechnung: Überblick

Statische Verfahren

Kostenvergleichsrechnung

Betriebs- und Verbrauchskosten + Kapitalkosten + kalkulatorische Abschreibungen = Jahreskosten

Gewinnvergleichsrechnung

Umsatzerlöse minus Jahreskosten

Rentabilitätsrechnung

$ROI = EBIT$/durchschnittliches Kapital

Amortisationsrechnung

Investition / durchschnittlicher Cashflow

Dynamische Verfahren

Time value of money

Kapitalwertmethode

PV = Summe der diskontierten Cashflows; $NPV = PV - I_0 > 0$?

Annuitätenmethode

Transformation einer Zahlungsreihe in eine Annuität

Interner Zinsfuß

IRR = Kalkulationszins, bei dem $NPV = 0$

Statische Investitionsrechnung

Statische Verfahren: Kostenvergleichsrechnung

Berechnung der durchschnittlichen Jahreskosten für verschiedene Optionen; die zeitliche Änderung des Geldwerts wird nicht berücksichtigt.

Beispiel: Elektroauto gegenüber Benziner; Lebensdauer $T = 10$ Jahre, Restwert $R_T = 0$, Zinskosten im Beispiel $Z_t = 0{,}04\, I_0$.

Beträge in €	**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**

Jährliche Abschreibung:

$$A_t = \frac{I_0 - R_T}{T}$$

Schlussfolgerung: Elektroauto kaufen!

Statische Verfahren: Gewinnvergleichsrechnung

Neben den Kosten werden auch die erzielten Umsätze berücksichtigt:

$$\text{Gewinn} = \text{Umsatzerlös} - \text{Kosten}$$

Beispiel: Taxifahrer:in kauft Elektroauto oder Benziner. Beide haben eine Lebensdauer von 10 Jahren und einen Restwert von null.

Beträge in € pro Jahr	**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.

$$\text{Rentabilität} = ROI = \frac{EBIT}{\text{durchschnittlich gebundenes Kapital}}$$

ROI = Return on Investment $\quad$ $EBIT$ = Earnings Before Interest and Taxes

Rentabilität kann mit anderen Anlagemöglichkeiten verglichen werden.

	Benziner	**Elektroauto**
$EBIT = pQ_t - A_t - V_t - B_t$	3.000 €	6.800 €
Durchschnittliches Kapital $\frac{I_0+R_T}{2}$	15.000 €	30.000 €
ROI	20 %	22,7 %

Statische Verfahren: Amortisationsrechnung

Amortisationsdauer: Zeit, in der das investierte Kapital durch die jährlichen Rückflüsse (Cashflows) zurückgewirtschaftet wird.

$$T_A = \frac{I_0}{CF} \qquad \text{bei konstantem Cashflow (unterjährig interpoliert)}$$

Beträge in € pro Jahr	**Benziner**	**Elektroauto**
Jährliche Erlöse	12.000	14.000
Zinszahlungen Z_t	−1.200	−2.400
Betriebskosten B_t	−2.000	−200
Verbrauchskosten V_t	−4.000	−1.000
Cashflow CF_t	4.800	10.400
Amortisationsdauer T_A (Jahre)	**6,25**	**5,77**

Nur **zahlungswirksame** Beiträge zählen zum Cashflow; Abschreibungen nicht. Hier sind die Zinsen als tatsächliche Zahlungen angenommen, nicht als kalkulatorische Zinsen.

Zeitwert des Geldes

Zeitwert des Geldes

Was wäre Ihnen lieber: 1 000 € heute oder 1 000 € in 3 Jahren?

1 000 € heute kann man mit einem Zinssatz von 5 % bei der Bank anlegen.

Nach 3 Jahren hätte man:

$$1\,000\,e \cdot (1 + 0{,}05)^3 \approx 1\,158\,e$$

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

„Künftiges Geld ist weniger wert als heutiges."

Zeitwert des Geldes

Was wäre Ihnen lieber: 1 000 € heute oder 1 300 € in 5 Jahren?

Mit 1 000 € heute hätte man bei 5 % Zinsen nach 5 Jahren nur:

$$1\,000\,e \cdot (1 + 0{,}05)^5 \approx 1\,276\,e$$

Richtige Antwort: Lieber auf die 1 300 € in 5 Jahren warten!

Barwert und Diskontierung

Um Ausgaben und Einnahmen in verschiedenen Jahren vergleichbar zu machen, 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):

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

Damit haben wir den künftigen Geldfluss **diskontiert**.

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

Barwert und Diskontierung: Beispiel

Für unser Beispiel mit Kalkulationszinssatz $i = 5\,\%$ können wir jetzt die Optionen einordnen:

Einnahme (€)	Jahr	Barwert (€)
1.000	3	$\frac{1\,000}{(1+0{,}05)^3} \approx 863{,}84$
1.000	0	$\frac{1\,000}{(1+0{,}05)^0} = 1\,000$
1.300	5	$\frac{1\,300}{(1+0{,}05)^5} \approx 1\,018{,}58$

Zinsrechnung und Zinseszins

- Berücksichtigung des **Zeitwerts des Geldes** durch Zinsrechnung
- Wert einer einmaligen Zahlung K_0 nach T Perioden bei einem Zinssatz i
- **Zinseszins:** Verzinsung der Zinsen aus vorherigen Jahren

$$K_1 = K_0 + iK_0 = K_0(1+i)$$
$$K_2 = K_1 + iK_1 = K_0(1+i)^2$$
$$\vdots$$

Aufzinsung

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

Abzinsung / Diskontierung

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

Zins- und Zinseszinsrechnung

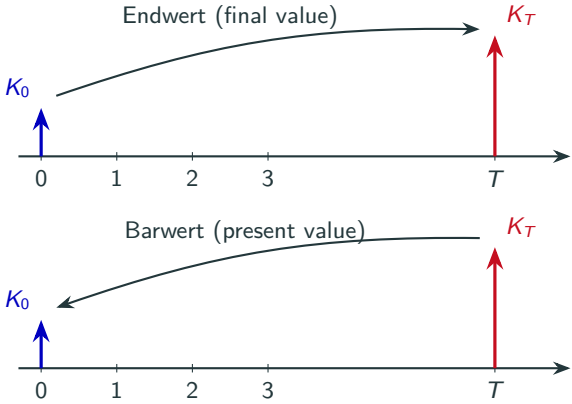
K = Kapital
i = Zinssatz
T = Endzeitpunkt

Aufzinsung:

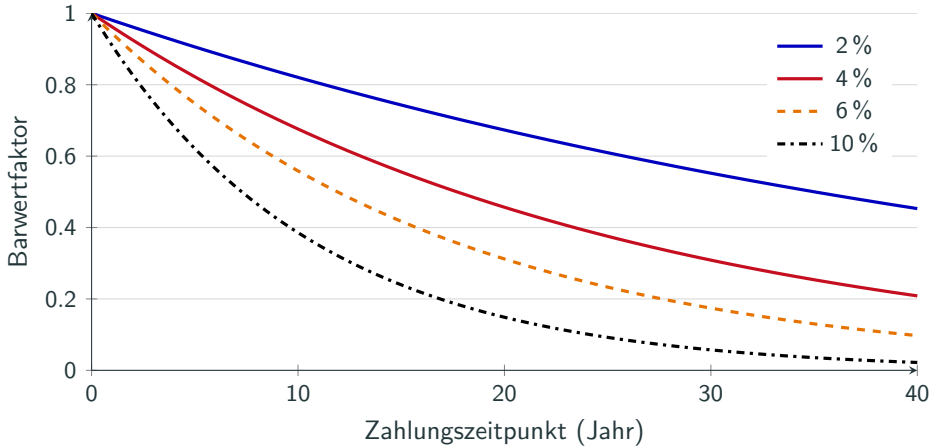
$$K_T = K_0(1+i)^T$$

Abzinsung:

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

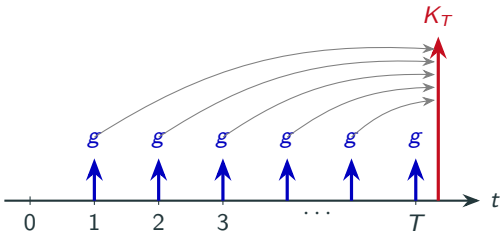


Barwert einer künftigen Zahlung



Aufzinsung von T periodengleichen Zahlungen

K_T = Endwert des Kapitals
g = Zahlung am Ende jeder Periode
i = Kalkulationszins
$q = 1 + i$ = Zinsfaktor
T = Endzeitpunkt



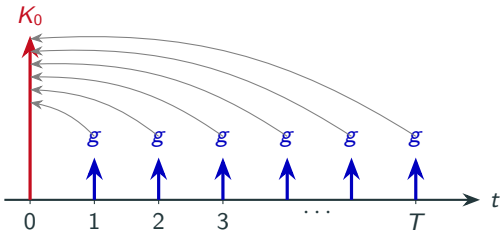
$$K_1 = g, \qquad K_2 = g + gq, \qquad K_3 = g + gq + gq^2$$

$$K_T = g\left(1 + q + q^2 + \cdots + q^{T-1}\right) = g\,\frac{q^T - 1}{q - 1} = g\,\frac{(1+i)^T - 1}{i}$$

Geometrische Reihe; für $i = 0$ gilt $K_T = Tg$.

Abzinsung von T periodengleichen Zahlungen

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



$$K_0 = g\left(q^{-1} + q^{-2} + \cdots + q^{-T}\right)$$
$$= g\,\frac{q^T - 1}{q^T(q-1)} = g\,\frac{1-(1+i)^{-T}}{i}$$

Für $i = 0$ gilt $K_0 = Tg$.

Kapitalwert und Photovoltaik-Beispiel

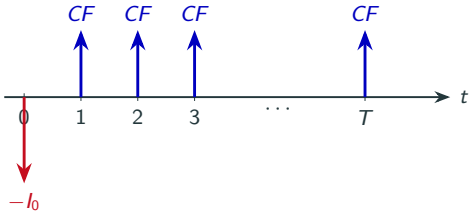
Kapitalwertmethode als Grafik

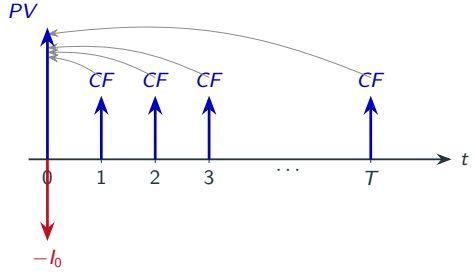
Ausgangssituation

- Investition in Periode 0
- Positive Zahlungen in Perioden 1 bis T

Kapitalwertmethode

- Alle Zahlungen auf Periode 0 diskontieren
- $NPV = -I_0 + PV$
- Wenn $NPV > 0$, lohnt sich die Investition.





Dynamisches Verfahren: Kapitalwertmethode

Der **Kapitalwert** (auch Nettobarwert oder „Net Present Value“) eines Projekts ist die Summe der diskontierten Cashflows einschließlich der 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	i	Kalkulationszins
CF_t	Erwarteter Cashflow	T	Kalkulatorische Projektlaufzeit

- Wenn $NPV > 0$, lohnt sich die Investition beim gegebenen Zinssatz i.
- Wenn $NPV < 0$, lieber mit einer Rendite von i woanders investieren.
- Bei vergleichbaren Investitionsalternativen ist ein höherer NPV vorteilhafter.

Gesamtprojekt: Cashflows vor Finanzierung; Finanzierungskosten werden durch i berücksichtigt, nicht zusätzlich als Zinsabzug im Cashflow.

Kapitalwertmethode: Interpretation

- $NPV = 0$**:** Investor erhält sein eingesetztes Kapital zurück und eine Verzinsung der ausstehenden Beträge in Höhe des Kalkulationszinssatzes. Kein Vorteil gegenüber einer Anlage am Kapitalmarkt zum gleichen risikoäquivalenten Zinssatz. Dieser Zinssatz entspricht einem internen Zinsfuß.
- $NPV > 0$**:** Investor erhält sein Kapital zurück und eine Verzinsung der ausstehenden Beträge über dem Kalkulationszinssatz.
- $NPV < 0$**:** Die Investition kann eine Verzinsung des eingesetzten Kapitals zum Kalkulationszinssatz nicht gewährleisten.
- **Vergleich von Alternativen:** Größter Kapitalwert zeigt die vorteilhafteste auf. Kapitalwerte voneinander unabhängiger Investitionen können aufsummiert werden, jeweils mit passendem Kalkulationszins.

Beispiel: Photovoltaikanlage

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

Größe	100 kW
Spezifische Investitionskosten	800 €/kW
Betriebskosten	20 €/kW/a
Einspeisetarif	0,1 €/kWh
Volllaststunden	1 000 h/a
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 Photovoltaikanlage zu investieren?

Quelle: Foto: Nico Pudimat, gemeinfrei

Beispiel: Photovoltaikanlage – Kapitalwert

Alle Cashflows (Kosten und Erlöse) in €:

Jahr t	**0**	**1**	**2**	**3**	$\cdots$	**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
Cashflow CF_t	−80.000	8.000	8.000	8.000		8.000
Diskontierungsfaktor	1	$\frac{1}{1{,}05}$	$\frac{1}{1{,}05^2}$	$\frac{1}{1{,}05^3}$		$\frac{1}{1{,}05^{20}}$

$$NPV = -80\,000 + 8\,000 \sum_{t=1}^{20} \frac{1}{1{,}05^t} \approx \mathbf{19\,698}\,€$$

Schlussfolgerung: Es lohnt sich, in die Photovoltaikanlage zu investieren!

Beispiel: Photovoltaikanlage – Einfluss des Zinssatzes

Vorsicht!

Die Rechnung ist gegenüber Änderungen des Zinssatzes sehr sensibel, z. B. mit $i = 8\,\%$:

$$NPV = -80\,000 + 8\,000 \, \frac{1 - 1{,}08^{-20}}{0{,}08}$$

$$\approx \mathbf{-1\,455\,€}$$

Schlussfolgerung: Es lohnt sich bei diesem Kalkulationszins nicht mehr, in die Photovoltaikanlage zu investieren.

Rentenbarwertfaktor

Spezialfall: Stets gleiche Zahlungen pro Periode während der Nutzungsdauer: $CF_t = CF$ für $t = 1, \ldots, T$.

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^{T} \frac{CF}{(1+i)^t} = -I_0 + CF \underbrace{\sum_{t=1}^{T} \frac{1}{(1+i)^t}}_{RBF_{i,T}}$$

$$= -I_0 + CF \cdot RBF_{i,T}$$

$$\boxed{RBF_{i,T} = \frac{1-(1+i)^{-T}}{i}}$$

Für die Kapitalwertmethode lohnt sich eine Investition, wenn $NPV > 0$, also:

$$CF \cdot RBF_{i,T} > I_0$$

Rentenbarwertfaktor: Formel

Geometrische Reihe mit $x = (1+i)^{-1}$ (für $i > 0$ gilt $0 < x < 1$):

$$\sum_{t=0}^{\infty} x^t = \frac{1}{1-x}$$

$$\sum_{t=1}^{T} x^t = x \sum_{t=0}^{\infty} x^t - x^{T+1} \sum_{t=0}^{\infty} x^t = \frac{x - x^{T+1}}{1-x}$$

$$RBF_{i,T} = \frac{(1+i)^{-1} - (1+i)^{-T-1}}{1-(1+i)^{-1}} = \frac{1-(1+i)^{-T}}{i}$$

Prüfen im einfachsten Fall mit nur einer Periode, $T = 1$:

$$RBF_{i,1} = \frac{1}{i}\left(1 - \frac{1}{1+i}\right) = \frac{1}{1+i}$$

Rentenbarwertfaktor: Tabelle (1/2)

$RBF_{i,T} = \frac{1-(1+i)^{-T}}{i}$	Zinssatz i in Prozent									
Jahre	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10
1	0,971	0,966	0,962	0,957	0,952	0,943	0,935	0,926	0,917	0,909
2	1,913	1,900	1,886	1,873	1,859	1,833	1,808	1,783	1,759	1,736
3	2,829	2,802	2,775	2,749	2,723	2,673	2,624	2,577	2,531	2,487
4	3,717	3,673	3,630	3,588	3,546	3,465	3,387	3,312	3,240	3,170
5	4,580	4,515	4,452	4,390	4,329	4,212	4,100	3,993	3,890	3,791
6	5,417	5,329	5,242	5,158	5,076	4,917	4,767	4,623	4,486	4,355
7	6,230	6,115	6,002	5,893	5,786	5,582	5,389	5,206	5,033	4,868
8	7,020	6,874	6,733	6,596	6,463	6,210	5,971	5,747	5,535	5,335
9	7,786	7,608	7,435	7,269	7,108	6,802	6,515	6,247	5,995	5,759
10	8,530	8,317	8,111	7,913	7,722	7,360	7,024	6,710	6,418	6,145
11	9,253	9,002	8,760	8,529	8,306	7,887	7,499	7,139	6,805	6,495

Rentenbarwertfaktor: Tabelle (2/2)

$RBF_{i,T} = \frac{1-(1+i)^{-T}}{i}$ Zinssatz i in Prozent

Jahre	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10
12	9,954	9,663	9,385	9,119	8,863	8,384	7,943	7,536	7,161	6,814
13	10,635	10,303	9,986	9,683	9,394	8,853	8,358	7,904	7,487	7,103
14	11,296	10,921	10,563	10,223	9,899	9,295	8,745	8,244	7,786	7,367
15	11,938	11,517	11,118	10,740	10,380	9,712	9,108	8,559	8,061	7,606
20	14,877	14,212	13,590	13,008	**12,462**	11,470	10,594	9,818	9,129	8,514
25	17,413	16,482	15,622	14,828	14,094	12,783	11,654	10,675	9,823	9,077
30	19,600	18,392	17,292	16,289	15,372	13,765	12,409	11,258	10,274	9,427
35	21,487	20,001	18,665	17,461	16,374	14,498	12,948	11,655	10,567	9,644
40	23,115	21,355	19,793	18,402	17,159	15,046	13,332	11,925	10,757	9,779
45	24,519	22,495	20,720	19,156	17,774	15,456	13,606	12,108	10,881	9,863
50	25,730	23,456	21,482	19,762	18,256	15,762	13,801	12,233	10,962	9,915

Interner Zinsfuß und Annuitäten

Methode des internen Zinsfußes

Der **interne Zinsfuß** (*IRR*, Internal Rate of Return) ist derjenige Kalkulationszins, bei dem der Kapitalwert null wird:

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

Bei einer Anfangsauszahlung mit anschließenden positiven Rückflüssen:

- Wenn $IRR > i$, lohnt sich die Investition.
- Bei sich ausschließenden Projekten ist ein höherer *IRR* nicht immer besser; maßgeblich ist der Kapitalwert beim passenden Kalkulationszins.

Photovoltaik-Beispiel: $I_0 = 80\,000,\ CF = 8\,000,\ T = 20.$

$$0 = -80\,000 + 8\,000\, RBF_{IRR,20} \quad \Rightarrow \quad RBF_{IRR,20} = 10$$

$$\boxed{IRR \approx 7{,}75\,\%}$$

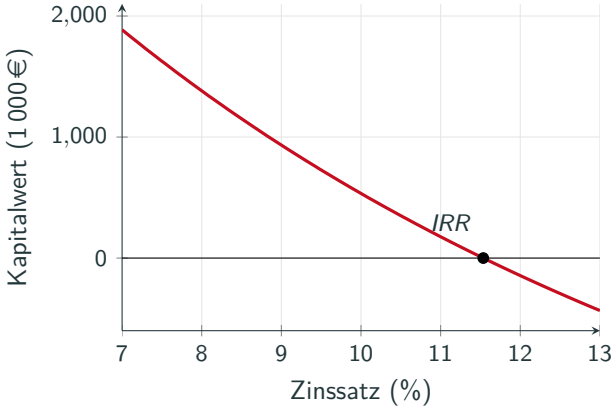
Interner Zinsfuß: Beispiel

I_0	5 Mio. €
oc	200 000 €/a
Q	500 000 Einheiten/a
p	1,70 €/Einheit
T	20 Jahre

$$CF = pQ - oc = 650\,000\,€/a$$

$$RBF_{IRR,20} = \frac{5\,000\,000}{650\,000}$$

$$IRR \approx 11{,}54\,\%$$



Dynamisches Verfahren: Annuitätenmethode

Vergleich von Investitionsprojekten anhand der **Annuität**: einer Zahlung konstanter Höhe in gleichmäßigen zeitlichen Abständen.

$$\text{Kapitalwertmethode:} \quad NPV = -I_0 + CF \cdot RBF_{i,T} > 0?$$

$$\text{Annuitätenmethode:} \quad -\frac{I_0}{RBF_{i,T}} + CF = -I_0\, ANF_{i,T} + CF > 0?$$

Wir verteilen die Investition auf periodengleiche Zahlungen über die Nutzungsdauer anhand des Kalkulationszinses (wie bei einem Immobilienkredit), um sie mit den Zahlungen CF zu vergleichen.

Der **Annuitätenfaktor** ist der Kehrwert des Rentenbarwertfaktors:

$$\boxed{ANF_{i,T} = \frac{1}{RBF_{i,T}} = \frac{i(1+i)^T}{(1+i)^T - 1}}$$

Annuitätenfaktor: Tabelle (1/2)

$$ANF_{i,T} = \frac{i(1+i)^T}{(1+i)^T - 1}$$ Zinssatz i in Prozent

Jahre	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10
1	1,030	1,035	1,040	1,045	1,050	1,060	1,070	1,080	1,090	1,100
2	0,523	0,526	0,530	0,534	0,538	0,545	0,553	0,561	0,568	0,576
3	0,354	0,357	0,360	0,364	0,367	0,374	0,381	0,388	0,395	0,402
4	0,269	0,272	0,275	0,279	0,282	0,289	0,295	0,302	0,309	0,315
5	0,218	0,221	0,225	0,228	0,231	0,237	0,244	0,250	0,257	0,264
6	0,185	0,188	0,191	0,194	0,197	0,203	0,210	0,216	0,223	0,230
7	0,161	0,164	0,167	0,170	0,173	0,179	0,186	0,192	0,199	0,205
8	0,142	0,145	0,149	0,152	0,155	0,161	0,167	0,174	0,181	0,187
9	0,128	0,131	0,134	0,138	0,141	0,147	0,153	0,160	0,167	0,174
10	0,117	0,120	0,123	0,126	0,130	0,136	0,142	0,149	0,156	0,163
11	0,108	0,111	0,114	0,117	0,120	0,127	0,133	0,140	0,147	0,154

Annuitätenfaktor: Tabelle (2/2)

$ANF_{i,T} = \frac{i(1+i)^T}{(1+i)^T - 1}$ Zinssatz i in Prozent

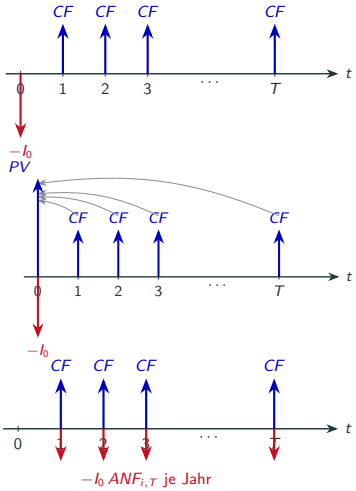
Jahre	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10
12	0,100	0,103	0,107	0,110	0,113	0,119	0,126	0,133	0,140	0,147
13	0,094	0,097	0,100	0,103	0,106	0,113	0,120	0,127	0,134	0,141
14	0,089	0,092	0,095	0,098	0,101	0,108	0,114	0,121	0,128	0,136
15	0,084	0,087	0,090	0,093	0,096	0,103	0,110	0,117	0,124	0,131
20	0,067	0,070	0,074	0,077	**0,080**	0,087	0,094	0,102	0,110	0,117
25	0,057	0,061	0,064	0,067	0,071	0,078	0,086	0,094	0,102	0,110
30	0,051	0,054	0,058	0,061	0,065	0,073	0,081	0,089	0,097	0,106
35	0,047	0,050	0,054	0,057	0,061	0,069	0,077	0,086	0,095	0,104
40	0,043	0,047	0,051	0,054	0,058	0,066	0,075	0,084	0,093	0,102
45	0,041	0,044	0,048	0,052	0,056	0,065	0,073	0,083	0,092	0,101
50	0,039	0,043	0,047	0,051	0,055	0,063	0,072	0,082	0,091	0,101

Vergleich: Kapitalwertmethode / Annuitätenmethode

Ausgangssituation: Investition in Periode 0, periodengleiche positive Zahlungen in Perioden 1 bis T.

Kapitalwertmethode: Alle Zahlungen auf Periode 0 diskontieren und Nettobarwert bilden: $NPV = -I_0 + PV$.

Annuitätenmethode: Investition in eine periodengleiche Annuität umwandeln und mit anderen Zahlungen vergleichen.



Annuitätenmethode: Photovoltaik-Beispiel

Beispiel Photovoltaikanlage: $I_0 = 80\,000\,e$, $CF = 8\,000\,e/a$, $T = 20$ Jahre.

$$\text{Annuitätenfaktor:} \qquad ANF_{0,05;20} = \frac{0{,}05 \cdot 1{,}05^{20}}{1{,}05^{20} - 1} \approx 0{,}08024$$

$$\text{Annuität der Investition:} \qquad I_0\, ANF \approx 6\,419\,€/\text{a}$$

$$\text{Jährlicher Überschuss:} \qquad CF - I_0\, ANF \approx 1\,581\,€/\text{a} > 0$$

Es lohnt sich, in die Photovoltaikanlage zu investieren!

„Levelised Cost of Electricity“ (LCOE)

Mit der Annuität kann man die **Stromgestehungskosten (LCOE)** bilden, d. h. die durchschnittlichen Kosten pro MWh gelieferten Stroms.

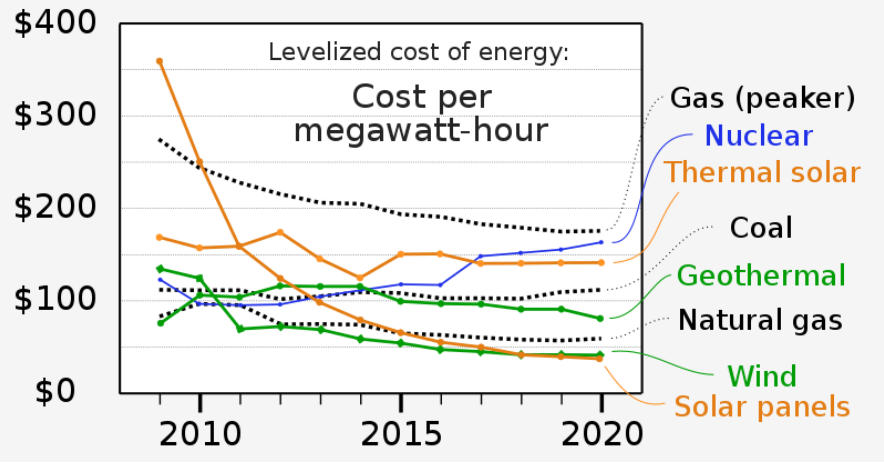
$$\text{Kosten pro Jahr} = I_0\, ANF + B \approx 6\,419 + 2\,000 = 8\,419\,€/\text{a}$$

$$\text{Energie pro Jahr} = 100\,\text{kW} \cdot 1\,000\,\text{h/a} = 100\,000\,\text{kWh/a}$$

$$LCOE = \frac{\text{Kosten pro Jahr}}{\text{Energie pro Jahr}} \approx 0{,}0842\,€/\text{kWh} = 84{,}2\,€/\text{MWh}$$

- Vergleich mit Einspeisetarif 0,1 €/kWh: Es lohnt sich zu investieren.
- Mit LCOE kann man unterschiedliche Technologien (Kohle, Gas, Wind, PV) vergleichen.
- Aber aufpassen: **LCOE berücksichtigt die Variabilität nicht!**

„Levelised Cost of Electricity“: Entwicklung 2009–2020



Quelle: RCraig09 / Lazard, CC BY-SA 4.0; Version bis 2020

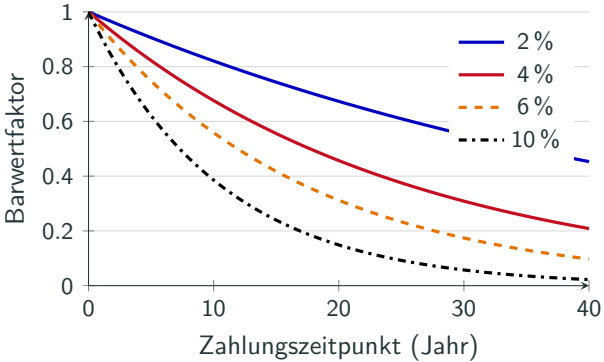
Grenzen, Zeithorizonte und Inflation

Fehlerquellen bei der Investitionsrechnung

- Vollständige Cashflow-Zahlungsreihe der zu betrachtenden Investition erfassen
- Eventuell: Erfassung von Anschlussinvestitionen
- Es müssen alle Zahlungen ausgeklammert bleiben, die nicht von der Entscheidung betroffen sind.
- Was ist der „richtige“ Kalkulationszins?
  (Opportunitätskosten; Berücksichtigung von Risiko)

Warnung: Diskontierung über lange Zeiten

Über lange Zeithorizonte kann die Diskontierung einen großen Effekt haben.



- Langfristige Vorteile fallen kaum ins Gewicht, z. B. Einnahmen von langlebigen Kraftwerken oder Effizienzmaßnahmen.
- Langfristige Kosten werden auch abgeschwächt, z. B. Rückbau, Entsorgung, Klimaschäden.

Umstrittenes Thema!

Klimaschäden: Was kostet eine ausgestoßene Tonne CO_2?

Hier kann der Diskontierungszinssatz eine große Rolle spielen! Eine Komponente ist die **reine Zeitpräferenzrate**: Wie gewichten wir die Wohlfahrt künftiger Generationen?

UBA-Empfehlung zu den Klimakosten (Stand 2024)

$Euro_{2024}$ je Tonne CO_2	**2024**	**2030**	**2050**
1 % reine Zeitpräferenzrate: Höhergewichtung der Wohlfahrt der heutigen gegenüber künftigen Generationen	300	335	435
0 % reine Zeitpräferenzrate: Gleichgewichtung der Wohlfahrt der Generationen	880	940	1.080

Quelle: **Umweltbundesamt**, Methodenkonvention 3.2 (2024)

Ketten-NPV

Beim Vergleich wiederholbarer Investitionen müssen wir einen **gemeinsamen Betrachtungszeitraum** festlegen.

Beispiel: Projekt A hat eine Lebensdauer von 5 Jahren und Kapitalwert NPV_A, Projekt B von 10 Jahren und NPV_B. Was passiert nach Ablauf von A?

Lösung: Kettenkapitalwert. Wir nehmen an, dass nach Ende der Nutzungsdauer das Projekt durch ein Nachfolgeprojekt ersetzt wird. Bei einmaliger identischer Reinvestition zum Zeitpunkt T:

$$NPV_{0\to 1} = NPV_0 + NPV_1^{(\text{abgezinst})} = NPV_0 + \frac{NPV_0}{(1+i)^T}$$

In unserem Beispiel vergleichen wir NPV_B (Lebensdauer 10 Jahre) mit

$$NPV_A + \frac{NPV_A}{(1+i)^5}$$

(Projekt A mit Reinvestition nach 5 Jahren für die folgenden 5 Jahre).

Inflation und Kaufkraft

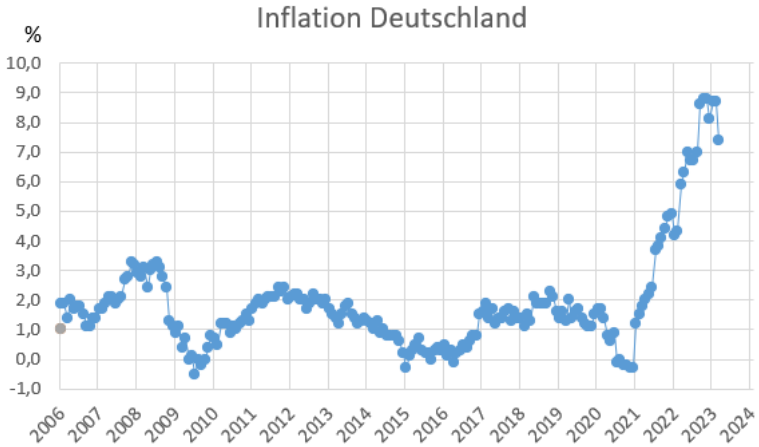
- **Inflation oder Teuerung** ist die Erhöhung der Preise von Gütern und Dienstleistungen, gemessen z. B. durch die jährliche Preisänderung eines bestimmten Warenkorbs.
- Inflation bedeutet eine **Minderung der Kaufkraft des Geldes**.
- Für Investitionen kann man um Inflation korrigieren (Inflationsbereinigung):

$$\text{Realzins} \approx \text{Nominalzins} - \text{Inflationsrate}$$

Korrekte Beziehung:

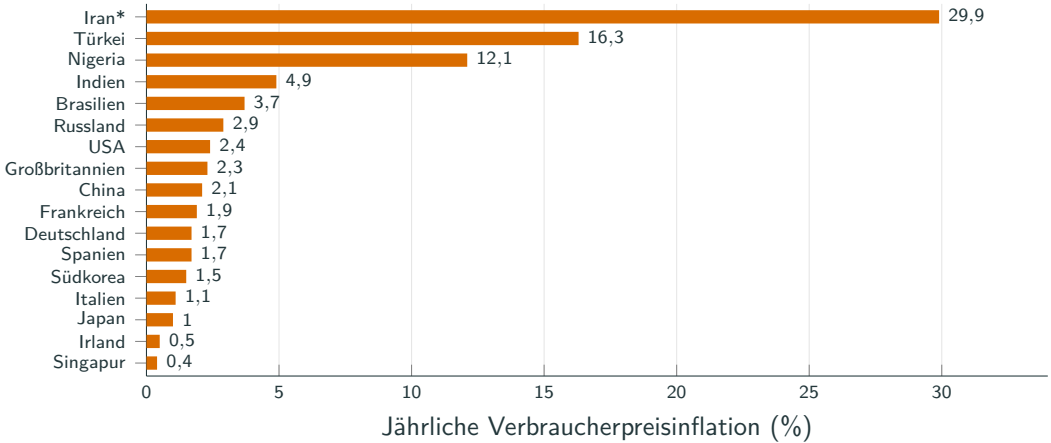
$$1 + \text{Nominalzins} = (1 + \text{Realzins})\,(1 + \text{Inflationsrate})$$

Inflation in Deutschland: 2006–2023



Quelle: Historische Grafik aus Originalfolien (2006–2023)

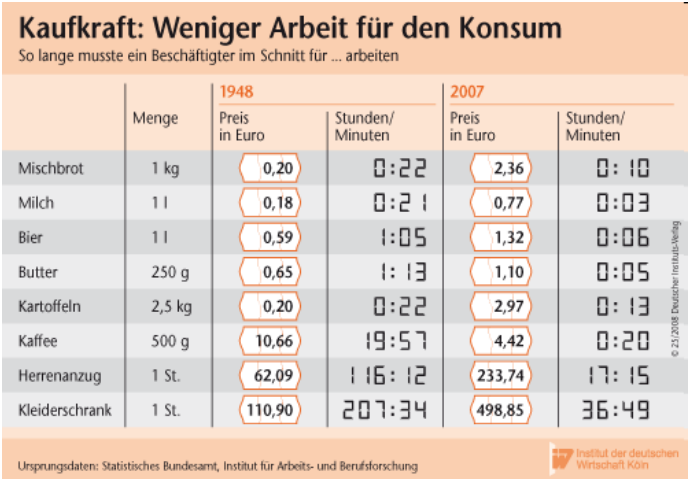
Inflation weltweit: ausgewählte Länder 2018



Quelle: World Bank / Statista, 2018; Daten aus Originalgrafik.

* Iran: vorläufig

Inflation und Kaufkraft: Arbeitszeit für den Konsum



Kaufkraft: Weniger Arbeit für den Konsum

So lange musste ein Beschäftigter im Schnitt für ... arbeiten

	Menge	1948 Preis in Euro	1948 Stunden/ Minuten	2007 Preis in Euro	2007 Stunden/ Minuten
Mischbrot	1 kg	0,20	0:22	2,36	0:10
Milch	1 l	0,18	0:21	0,77	0:03
Bier	1 l	0,59	1:05	1,32	0:06
Butter	250 g	0,65	1:13	1,10	0:05
Kartoffeln	2,5 kg	0,20	0:22	2,97	0:13
Kaffee	500 g	10,66	19:57	4,42	0:20
Herrenanzug	1 St.	62,09	116:12	233,74	17:15
Kleiderschrank	1 St.	110,90	207:34	498,85	36:49

Ursprungsdaten: Statistisches Bundesamt, Institut für Arbeits- und Berufsforschung

Institut der deutschen Wirtschaft Köln

© 25/2008 Deutscher Instituts-Verlag

Quelle: IW Köln (2008); Daten: Statistisches Bundesamt, IAB; Grafik aus Originalfolien