

# **Rentabilitätsmaße für Investitionen in die Energieeffizienz**

**Dirk Köwener**

# Überblick

## 1 Methoden

Allg. Bemerkungen

Amortisationszeit

Interne Verzinsung

Barwert

## 2 Investitionen

## 3 Unsicherheiten und Systemabgrenzung

## 4 Zusammenfassung

## 5 Berechnung mit Tabellenkalkulation

# 1 Methoden - Allgemeine Bemerkungen

- Entscheidungsrelevant für Investitionen sind nur **zukünftige** Ausgaben und Einnahmen
- Bereits getätigte Investitionen, die noch einen Restwert haben sind **nicht** entscheidungsrelevant
- Durch die Berücksichtigung von Zinsen werden **zukünftige** Ausgaben und Einnahmen **entwertet**, d. h. sie sind weniger Wert als eine Ausgabe oder Einnahme gleicher Höhe, die heute stattfindet

Beispiel: Sie erhalten in 25 Jahren 1.000 €. Auf wie viel € würden sie verzichten, wenn sie das Geld heute erhalten würden?

Verzinsung	verzichtet auf	Auszahlung von
0%:	0 €	1.000 €
2%:	390 €	610 €
5%:	705 €	295 €
10%:	908 €	92 €

# 1 Methoden - Allgemeine Bemerkungen

## Beurteilung von Investitionen anhand der Berechnung

- der Amortisationszeit (Risiko)
- des Barwerts (Rentabilität)
- der internen Verzinsung (Rentabilität)

## Notwendige Parameter

Parameter	Amortisationszeit	Interne Verzinsung	Barwert
Investitionssumme inkl. aller Planungs- und Installationskosten	X	X	X
Veränderte Betriebskosten und verringerte Energiekosten	X	X	X
Kalkulationszinssatz	X		X
Erwartete Nutzungsdauer		X	X

# 1 Methoden - Die Amortisationszeit (AMZ)

Wie lange dauert es, bis das Geld der Investition wieder zurückgeflossen ist.

Investitionssumme: -8.000 €

Jährlich eingesparte Kosten: 2.000 €

Zinssätze: 10%, 0%

Investition	eingesparte Kosten						
2007	2008	2009	2010	2011	2012	2012,4	... 2017
- 8.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	740 €	irrelevant
1.818 €							
1.653 €							
1.503 €							
1.366 €							
1.242 €							
418 €							
0 €							

AMZ (Zins=10%): 5,4 Jahre

AMZ (Zins=0%): 4,0 Jahre

# 1 Methoden - Die interne Verzinsung $i^*$

... gibt an, bis zu welchem Finanzierungszinssatz sich eine Investition lohnt. Sie entspricht dem eff. Jahreszins eines Kredites mit konstanten Ratenzahlungen.

Investitionssumme: -8.000 €

Jährlich eingesparte Kosten: 2.000 €

Nutzungsdauer: 10 Jahre, 15 Jahre

Investition	eingesparte Kosten				
2007	2008	2009	2010	...	2017
- 8.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
1.647 €					
1.357 €					
1.118 €					
...					
288 €					
0 €					

$i^*$  (10 Jahre): 21,4%

$i^*$  (15 Jahre): 24,0%

# 1 Methoden - Vergleich AMZ und interne Verzinsung

geforderte Amortisationszeit (Zins=0%) [Jahre]	Interne Verzinsung in % <sup>1</sup>										
	Anlagennutzungsdauer [Jahre]										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
1	61,8%	83,9%	92,8%	96,6%	98,4%	99,2%	99,6%	99,8%	99,9%	100,0%	100,0%
2	0,0%	23,4%	34,9%	41,0%	44,5%	46,6%	47,8%	48,6%	49,1%	49,6%	49,9%
3	neg.	0,0%	12,6%	19,9%	24,3%	27,1%	29,0%	30,2%	31,1%	32,2%	32,9%
4	neg.	neg.	0,0%	7,9%	13,0%	16,3%	18,6%	20,2%	21,4%	22,9%	24,0%
5	neg.	neg.	neg.	0,0%	5,5%	9,2%	11,8%	13,7%	15,1%	16,9%	18,4%
6	neg.	neg.	neg.	neg.	0,0%	4,0%	6,9%	9,0%	10,6%	12,7%	14,5%
7	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	0,0%	3,1%	5,3%	7,1%	9,5%	11,5%
8	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	0,0%	2,4%	4,3%	6,9%	9,1%

rentable Investitionsmöglichkeiten: Amortisationszeit bis 3 Jahre
abgeschnittene rentable Investitionsmöglichkeiten: z. B. Chancen des Contracting
nicht rentable Investitionsmöglichkeiten (<10%)

<sup>1)</sup> unterstellt wird eine konstante Energiekostensparung über die gesamte Anlagennutzungsdauer

# 1 Methoden - Der Barwert

Der heutige Wert des Gewinns der Investition.

Investitionssumme: -8.000 €  
 Jährlich eingesparte Kosten: 2.000 €  
 Nutzungsdauer: 10 Jahre  
 Zinssatz: 10%, 15%

Investition	eingesparte Kosten			
2007	2008	2009	...	2017
- 8.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
1.818 €				
1.653 €				
...				
771 €				
<b>Barwert (10 %): 4.289 €</b>				

Barwert (10 %):

Barwert (15 %): 2.038 €

# 1 Methoden - Barwert Zahlungsplan

Investitionssumme: -8.000 €  
 Jährlich eingesparte Kosten: 2.000 €  
 Nutzungsdauer: 10 Jahre  
 Zinssatz: 10%

<b>Zahlungsplan</b>											
Zeitpunkt	01. Jan 2008	31. Dez. 2008	31. Dez. 2009	31. Dez. 2010	31. Dez. 2011	31. Dez. 2012	31. Dez. 2013	31. Dez. 2014	31. Dez. 2015	31. Dez. 2016	31. Dez. 2017
Kredit für Investition	8.000 €										
Rückfluss		2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	000 €	2.000 €	2.000 €
Zins		-800 €	-680 €	-548 €	-403 €	-243 €	-67 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Tilgung		-1.200 €	-1.320 €	-1.452 €	-1.597 €	-1.757 €	-674 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Restschuld	-8.000 €	-6.800 €	-5.480 €	-4.028 €	-2.431 €	-674 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Überschuss		0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1.259 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
<b>abgezinst auf</b>		<b>01. Jan. 2008</b>									
<b>Barwert</b>	<b>4.289 €</b>	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	711 €	1.026 €	933 €	848 €	771 €

# Überblick

## 1 Methoden

## 2 Investitionen

Neu- und Erweiterungsinvestitionen

Ersatzinvestitionen

Das Glühlampenparadoxon

## 3 Unsicherheiten und Systemabgrenzung

## 4 Zusammenfassung

## 5 Berechnung mit Tabellenkalkulation

## 2 Investitionen

### a) Neu- und Erweiterungsinvestitionen

Durch den Variantenvergleich zweier Neuanlagen (Alternativen) können **Kosteneinsparungen** berechnet werden (= Kapitalrückfluss), die **zu maximieren** sind

=> AMZ nur im Variantenvergleich berechenbar

=> interne Verzinsung nur im Variantenvergleich berechenbar

=> Barwert als Kostengröße ist zu minimieren

### b) Ersatzinvestition

Durch den Vergleich mit bestehender Anlage können **Energiekosteneinsparungen** berechnet werden (= Kapitalrückfluss), die **zu maximieren** sind

=> AMZ berechenbar

=> interne Verzinsung berechenbar

=> Barwert berechenbar

## 2 Investitionen – Neu- und Erweiterungsinvestitionen I (Beleuchtungssystem)

Laufzeit:	2.500 Std./Jahr
Strompreis:	10 €ct/kWh
Wartungskosten:	50 €/Jahr
Nutzungsdauer:	12 Jahre
Zinssatz:	10%

### Variante A

50 T8-Spiegelrasterleuchten mit EVG (58 W):	20 €/Stück
Installation	1.500 €
<b>Strombedarf</b>	<b>7.250 kWh/a</b>

### Variante B

50 T5-Spiegelrasterleuchten mit cut off EVG (55 W):	23 €/Stück
Installation	1.500 €
tageslichtabhängige Steuerung (inkl. Installation):	1.200 €
<b>Strombedarf</b>	<b>4.800 kWh/a</b>

## 2 Investitionen – Neu- und Erweiterungsinvestitionen II (Beleuchtungssystem)

	Kosten	
	Variante A	Variante B
Investition Leuchten	1.000 €	1.150 €
Installation	1.500 €	1.500 €
Investition Tageslichtsteuerung		1.200 €
<b>Summe</b>	<b>2.500 €</b>	<b>3.850 €</b>
jährliche Stromkosten	725 €	480 €
jährliche Wartungskosten	50 €	50 €
<b>Barwert jährliche Kosten</b>	<b>4.599 €</b>	<b>2.930 €</b>
<b>Summe Kosten (Barwert)</b>	<b>7.099 €</b>	<b>6.780 €</b>

### Differenzinvestition Variante A zu Variante B

Differenzinvestition	1.350 €
jährlich eingesparte Kosten	245 €
Amortisationszeit (Zins=0%)	5,5
Amortisationszeit (Zins=10%)	8,4
interne Verzinsung	14,6%
Barwert	319 €

## 2 Investitionen – Ersatzinvestitionen I (Beleuchtungssystem)

Laufzeit: 2.500 Std./Jahr  
Strompreis: 10 €ct/kWh  
Wartungskosten: 50 €/Jahr  
Nutzungsdauer: 12 Jahre  
Zinssatz: 10%

### Bestehende Anlage (6 Jahre alt)

100 T8-Leuchten mit KVG (71 W)	15 €/Stück
Installation	1.500 €
<b>Strombedarf</b>	<b>17.750 kWh/a</b>

### Variante B

50 T5-Spiegelrasterleuchten mit cut off EVG (55 W)	23 €/Stück
Installation	1.500 €
tageslichtabhängiger Steuerung (inkl. Installation) :	1.200 €
<b>Strombedarf</b>	<b>4.800 kWh/a</b>

## 2 Investitionen – Ersatzinvestitionen II (Beleuchtungssystem)

Sofort investieren oder bestehende Anlage zu Ende nutzen (optimaler Ersatzzeitpunkt)?

### Kosten des Betriebs der alten Anlage (nur Betriebskosten)

17.750 kWh * 10 €ct/kWh	= 1.775 €/a
Wartung	= 50 €/a
<b>Summe</b>	<b>= 1.825 €/a</b>

### Kosten des Vorziehens der neuen Anlage

3.850 € * 10%	= 385 €/a
4.800 kWh * 10 €ct/kWh	= 480 €/a
Wartung	= 50 €/a
<b>Summe</b>	<b>= 915 €/a</b>

Es wird dann in eine neue Anlage investiert, wenn gilt:

Betriebskosten Altanlage > Betriebskosten Neuanlage +  
Finanzierungskosten des Vorziehens der Neuanlage.

Der Wert der Investition der Altanlage spielt keine Rolle!

## 2 Investitionen - Ersatzinvestitionen III (Beleuchtungssystem)

Jahr	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	...
Betriebskosten alt	1.825 €	1.825 €	1.825 €	1.825 €	1.825 €	1.825 €		
Investition						3.850 €		
Betriebskosten neu							530 €	530 €
Barwert	<b>12.160 €</b>							

Jahr	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	...
Betriebskosten alt	1.825 €	1.825 €	1.825 €	1.825 €	1.825 €			
Investition					3.850 €			
Betriebskosten neu						530 €	530 €	530 €
Barwert	<b>11.748 €</b>							

Jahr	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	...
Betriebskosten alt	1.825 €							
Investition	3.850 €							
Betriebskosten neu		530 €	530 €	530 €	530 €	530 €	530 €	530 €
Barwert	<b>6.478 €</b>							

Die Laufzeitkongruenz ist durch Annuitäten gewährleistet.

## 2 Investitionen - Ersatzinvestitionen IV (Beleuchtungssystem)

Differenzinvestition bestehende Anlage zu Variante B

Differenzinvestition	3.850 €
jährlich eingesparte Kosten	1.295 €
Amortisationszeit (Zins=0%)	3,0
Amortisationszeit (Zins=10%)	3,7
interne Verzinsung	32,5%
Barwert	4.974 €

## 2 Investitionen - Das Glühlampenparadoxon I

**Ausgangslage:** Ein Festsaal ohne Fenster wird mit 500 Glühlampen je 100 W beleuchtet. Die Glühlampen werden einmal pro Jahr ausgewechselt. Für den nächsten Wechsel liegen noch 500 Glühbirnen auf Lager.

**Frage:** Glühbirnen auswechseln oder Energiesparlampen kaufen und Glühbirnen entsorgen?

Beleuchtungsdauer: 1.500 Std./Jahr

Strompreis: 10 €ct/kWh

	<b>Glühbirnen</b>	<b>Energiesparlampe</b>
Strombedarf pro Jahr:	75.000 kWh	15.000 kWh
Preis	-	5 € pro Lampe
Wechselkosten pro Jahr: <sup>1</sup>	200 €	50 €

1) anteilig, da Energiesparlampen 4 Jahre genutzt werden

## 2 Investitionen - Das Glühlampenparadoxon II

### Statische Berechnung ohne Zinsen

	Glühlampen aufbrauchen	Energie- sparlampen
Kauf Energiesparlampen <sup>1</sup>	0 €/a	0,25 * 2.500 €/a
Wechselkosten <sup>1</sup>	200 €/a	50 €/a
<u>Stromkosten</u>	<u>7.500 €/a</u>	<u>1.500 €/a</u>
<b>Summe</b>	<b>7.700 €/a</b>	<b>2.175 €/a</b>

1) anteilig, da Energiesparlampen 4 Jahre genutzt werden

**Fazit: Die Glühlampen zu entsorgen ist wesentlich wirtschaftlicher als sie zu nutzen!**

# Überblick

- 1 Methoden
- 2 Investitionen
- 3 **Unsicherheiten und Systemabgrenzung**
- 4 Zusammenfassung
- 5 Berechnung mit Tabellenkalkulation

### **3 Unsicherheiten und Systemabgrenzung – Quantifizierung der Kosten und Nutzen**

- **Investitionen in die Energieeffizienz sind in aller Regel weniger risikoreich als Investitionen in Produktionsmittel, da der Energiebedarf unterproportional auf Produktionsschwankungen reagiert.**
- **Energiepreise: Testen der Wirtschaftlichkeit der Investition durch Sensitivitätsanalysen (rechnen mit unterschiedlichen Energiepreisen)**
- **später eingesparte Systemkosten (z.B. kleinerer Kessel, Kompressor, weniger Kühlleistung?)**
- **begleitende Zusatznutzen (z.B. bessere Produktqualität, Lärmschutz, höhere Arbeitsproduktivität) häufig schwer in Geldwerte zu fassen**

# Überblick

- 1 Methoden
- 2 Investitionen
- 3 Unsicherheiten und Systemabgrenzung
- 4 **Zusammenfassung**
- 5 Berechnung mit Tabellenkalkulation

## 4 Zusammenfassung

- **Amortisationszeit:**
  - Risikomaß, wann Kapital zurückgeflossen ist, kein Rentabilitätsmaß
  - Investitionen mit langen Nutzungsdauern (größer 6 Jahre) werden bei einer geforderten Amortisationszeit von drei oder weniger Jahren systematisch verworfen (bei Verzinsungen zwischen 10 und 24 %)
- **interner Zinssatzes  $i^*$ :**

Ist der angenommene Kalkulationszinssatz deutlich kleiner als  $i^*$ , sollte die Investition durchgeführt werden.
- **Barwert:**

benötigt die meisten Vorabinformationen, liefert aber mit dem heutigen Wert des erwarteten Gewinns die aussagekräftigste Größe

# Überblick

- 1 Methoden
- 2 Investitionen
- 3 Unsicherheiten und Systemabgrenzung
- 4 Zusammenfassung
- 5 **Berechnung mit Tabellenkalkulation**

## 5 Berechnung mit einer Tabellenkalkulation (Bsp. Excel)

- Finanzmathematische Funktionen in Excel z. B. den Barwert:  
„=BW(Zins;Zzr;Rmz;Zw;F)“  
(Einfügen -> Funktion ... (Kategorie: Finanzmathematik))

mit: Zins = Zinssatz, mit der die Investition verzinst wird

Zzr = Anzahl der Perioden, über die die Investition läuft  
(Nutzungsdauer)

Rmz = Höhe der konstanten jährlichen Kosteneinsparung durch die  
Investition

Zw = Restwert der Anlage nach der Nutzungsdauer (nur bei Verkauf)

F = Eingang der Zahlungen während der Periode  
(0 =Anfang, 1= Ende)

Barwert = Investition - **BW(Zins;Zzr;Rmz;Zw;F)**

## **Herzlichen Dank für's Zuhören**

**Bei offenen Fragen**

**Dirk Köwener**

**BSR-Sustainability GmbH**

**Karlsruhe**

**Tel. 0721 9152636 -22**

**E-Mail: [d.koewener@bsr-sustainability.de](mailto:d.koewener@bsr-sustainability.de)**