

Rentabilität als Entscheidungskriterium für Investitionen

Dirk Köwener
IREES GmbH

Überblick

1 Methoden

Allgemeine Bemerkungen

Amortisationszeit

Interne Verzinsung

Kapitalwert

Annuität

2 Investitionen

3 Unsicherheiten und Systemabgrenzung

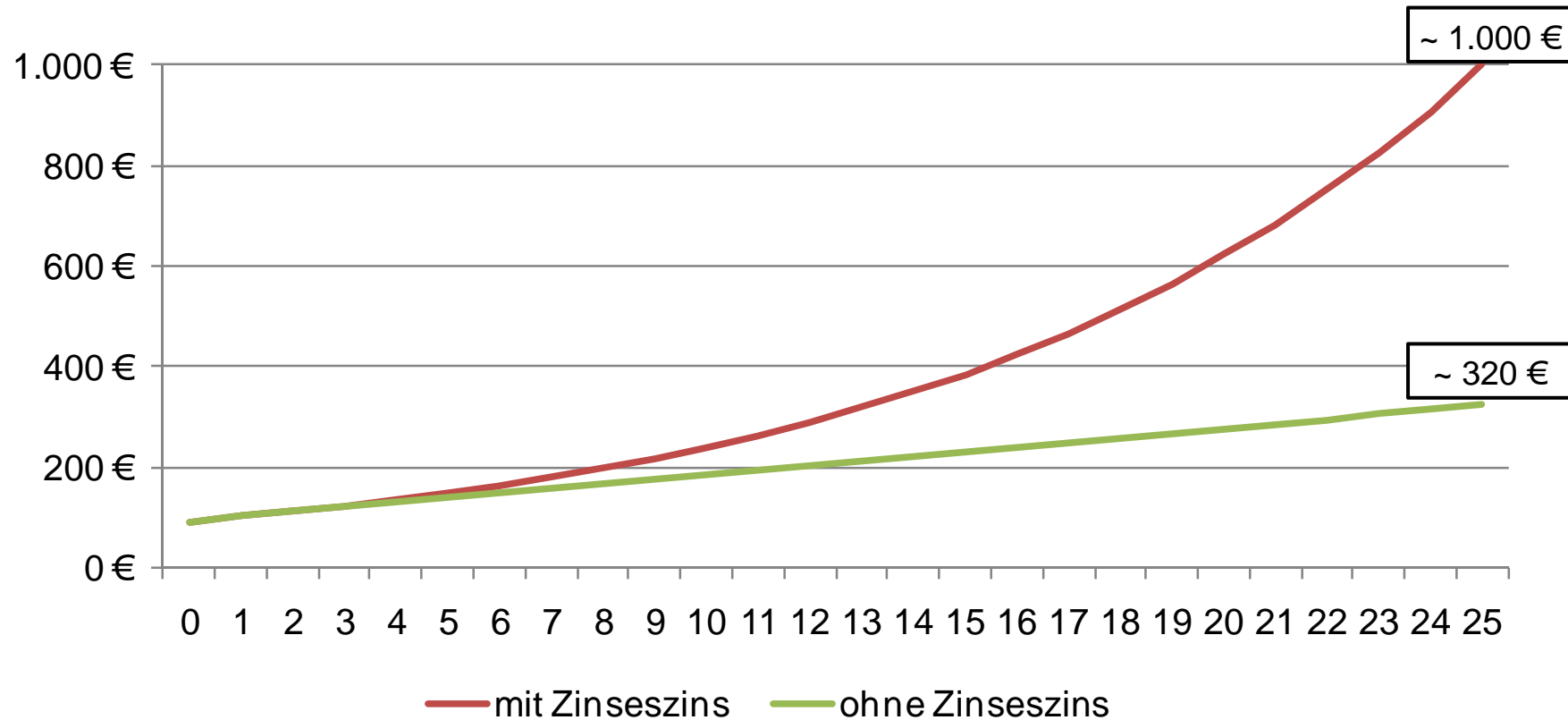
1 Methoden - Allgemeine Bemerkungen

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

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

1 Methoden - Zinseffekte

92 € über 25 Jahre mit 10 % verzinst (mit und ohne Zinseszins)



1 Methoden – notwendige Parameter

Beurteilung von Investitionen anhand der Berechnung

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

Notwendige Parameter

Parameter	Amortisationszeit	Interne Verzinsung	Kapitalwert
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 Kapitalwertformel

$$C_0 = -I_0 + A_n \cdot \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i}$$



$$A_{C_0} = C_0 \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1} \quad A_{I_0} = I_0 \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1}$$

$$T = -\frac{1}{\ln(1+i)} \cdot \ln\left(1 - \frac{i \cdot I_0}{A_n}\right)$$

$$i^* = i_1 - \frac{C_1}{C_2 - C_1} \cdot (i_2 - i_1)$$

- C_0 : Kapitalwert
 I_0 : Investitionssumme, die heute investiert wird
 A_n : jährlich konstante eingesparte Kosten durch die Investition
 i : Zinssatz
 N : Laufzeit der Investition (Nutzungsdauer)
 A_{C_0} : annuisierter „Gewinn“
 A_{I_0} : annuisierte Investition
 T : dynamische Amortisationszeit
 i^* : interner Zinsfuß
Berechnung durch Näherungsverfahren

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 €

a) statische AMZ (i = 0): 4,0 Jahre

b) dyn. AMZ (i = 10%): 5,4 Jahre (Abzinsungsfaktor: $(1+i)^{-n}$)

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 €								

1 Methoden - Die Amortisationszeit (AMZ)

Zahlungsplan								
Zeitpunkt	31. Dez. 2010	31. Dez. 2011	31. Dez. 2012	31. Dez. 2013	31. Dez. 2014	31. Dez. 2015	15. Mai 2016	irrelevant ...
Kredit für Investition	8.000 €							
jährlicher Rückfluss		2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	741 €	...
Zins		-800 €	-680 €	-548 €	-403 €	-243 €	-67 €	...
Tilgung (Unterdeckung, falls positiv)		-1.200 €	-1.320 €	-1.452 €	-1.597 €	-1.757 €	-674 €	...
Überschüsse	-8.000 € 0 €	-6.800 € 0 €	-5.480 € 0 €	-4.028 € 0 €	-2.431 € 0 €	-674 € 0 €	0 € 0 €	...
Restschuld bzw. Überschüsse abgezinst auf		31. Dez. 2010						
Kapitalwert	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	...

1 Methoden - Die interne Verzinsung i^*

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

Investitionssumme: - 8.000 €

Jährlich eingesparte Kosten: 2.000 €

Lösung durch Näherungsverfahren:

$$i^* = i_1 - \frac{C_1}{C_2 - C_1} \cdot (i_2 - i_1)$$

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 €					

Nutzungsdauer:

10 Jahre -> $i^* = 21,4 \%$

15 Jahre -> $i^* = 24,0 \%$

1 Methoden - Die interne Verzinsung i^*

i : 15%

Zahlungsplan											
Zeitpunkt	31. Dez. 2010	31. Dez. 2011	31. Dez. 2012	31. Dez. 2013	31. Dez. 2014	31. Dez. 2015	31. Dez. 2016	31. Dez. 2017	31. Dez. 2018	31. Dez. 2019	31. Dez. 2020
Kredit für Investition	8.000 €										
jährlicher Rückfluss		2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
Zins		-1.200 €	-1.080 €	-942 €	-783 €	-601 €	-391 €	-150 €	0 €	0 €	0 €
Tilgung (Unterdeckung, falls positiv)		-800 €	-920 €	-1.058 €	-1.217 €	-1.399 €	-1.609 €	-997 €	0 €	0 €	0 €
Überschüsse	-8.000 €	-7.200 €	-6.280 €	-5.222 €	-4.005 €	-2.606 €	-997 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	853 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
Restschuld bzw. Überschüsse abgezinst auf		31. Dez. 2010									
Kapitalwert	2.038 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	321 €	654 €	569 €	494 €

$i = i^*$: 21,4063%

Zahlungsplan											
Zeitpunkt	31. Dez. 2010	31. Dez. 2011	31. Dez. 2012	31. Dez. 2013	31. Dez. 2014	31. Dez. 2015	31. Dez. 2016	31. Dez. 2017	31. Dez. 2018	31. Dez. 2019	31. Dez. 2020
Kredit für Investition	8.000 €										
jährlicher Rückfluss		2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
Zins		-1.713 €	-1.651 €	-1.576 €	-1.486 €	-1.375 €	-1.242 €	-1.079 €	-882 €	-643 €	-353 €
Tilgung (Unterdeckung, falls positiv)		-287 €	-349 €	-424 €	-514 €	-625 €	-758 €	-921 €	-1.118 €	-1.357 €	-1.647 €
Überschüsse	-8.000 €	-7.713 €	-7.363 €	-6.940 €	-6.425 €	-5.801 €	-5.042 €	-4.122 €	-3.004 €	-1.647 €	0 €
	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Restschuld bzw. Überschüsse abgezinst auf		31. Dez. 2010									
Kapitalwert	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €

1 Methoden - Vergleich AMZ und interne Verzinsung

geforderte Amortisationszeit (statisch) [Jahre]	Interne Verzinsung in % ₁												
	Anlagennutzungsdauer [Jahre]												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	25
1	62%	84%	93%	97%	98%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2	0%	23%	35%	41%	45%	47%	48%	49%	49%	50%	50%	50%	50%
3	neg.	0%	13%	20%	24%	27%	29%	30%	31%	32%	33%	33%	33%
4	neg.	neg.	0%	8%	13%	16%	19%	20%	21%	23%	24%	25%	25%
5	neg.	neg.	neg.	0%	5%	9%	12%	14%	15%	17%	18%	19%	20%
6	neg.	neg.	neg.	neg.	0%	4%	7%	9%	11%	13%	14%	16%	16%
7	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	0%	3%	5%	7%	9%	11%	13%	14%
8	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	0%	2%	4%	7%	9%	11%	12%

rentable Investitionsmöglichkeiten nach Amortisationszeit bis 3 Jahre (bis 8 Jahre)
abgeschnittene rentable Investitionsmöglichkeiten: z. B. Chancen des Contracting
nicht rentable Investitionsmöglichkeiten (bis 25 Jahre <10%; >25 Jahre <8%)

1) unterstellt wird eine konstante Energiekostensparung über die gesamte Anlagennutzungsdauer

1 Methoden - Der Kapitalwert

Der heutige Wert des Gewinns der Investition.

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

Barwert: heutiger Wert einer Zahlungsreihe
 Kapitalwert: Barwert abzüglich der Investitionsausgabe

Investition	eingesparte Kosten			
2007	2008	2009	...	2017
- 8.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
1.818 €				
1.653 €				
...				
771 €				
Kapitalwert	4.289 €			

zum Vergleich:
Zinssatz: 15%
↓
2.038 €

1 Methoden - Kapitalwert Zahlungsplan

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

Zahlungsplan Differenzinvestition											
Zeitpunkt	31. Dez. 2010	31. Dez. 2011	31. Dez. 2012	31. Dez. 2013	31. Dez. 2014	31. Dez. 2015	31. Dez. 2016	31. Dez. 2017	31. Dez. 2018	31. Dez. 2019	31. Dez. 2020
Kredit für Investition	-8.000 €										
jährlicher Rückfluss		2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
Zins		-800 €	-680 €	-548 €	-403 €	-243 €	-67 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Tilgung (Unterdeckung, falls positiv)		-1.200 €	-1.320 €	-1.452 €	-1.597 €	-1.757 €	-674 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Überschüsse	-8.000 € 0 €	-6.800 € 0 €	-5.480 € 0 €	-4.028 € 0 €	-2.431 € 0 €	-674 € 0 €	0 € 1.259 €	0 € 2.000 €	0 € 2.000 €	0 € 2.000 €	0 € 2.000 €
Restschuld bzw. Überschüsse abgezinst auf		31. Dez. 2010									
Kapitalwert	4.289 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	711 €	1.026 €	933 €	848 €	771 €

1 Methoden – Die Annuität

Jährlich konstante Zahlungsgröße

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 €
	-1.302 €			
		-1.302 €		
			-1.302 €	
				-1.302 €
Annuität (G,10 %)	698 €	698 €	698 €	698 €
Annuität (G,15 %)	406 €			

Annuierte Investition

$$A_{I0} = I_0 \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1}$$

Annuisierter „Gewinn“

$$A_{C0} = C_0 \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1}$$

1 Methoden – Die Annuität

Zahlungsplan											
Zeitpunkt	31. Dez. 2010	31. Dez. 2011	31. Dez. 2012	31. Dez. 2013	31. Dez. 2014	31. Dez. 2015	31. Dez. 2016	31. Dez. 2017	31. Dez. 2018	31. Dez. 2019	31. Dez. 2020
Kredit für Investition	0 €										
jährlicher Rückfluss		698 €	698 €	698 €	698 €	698 €	698 €	698 €	698 €	698 €	698 €
Zins		0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Tilgung (Unterdeckung, falls positiv)		0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Überschüsse	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	0 €	698 €	698 €	698 €	698 €	698 €	698 €	698 €	698 €	698 €	698 €
Restschuld bzw. Überschüsse abgezinst auf 31. Dez. 2010											
Kapitalwert	4.289 €	635 €	577 €	524 €	477 €	433 €	394 €	358 €	326 €	296 €	269 €

Überblick

- 1 Methoden
- 2 Investitionen
 - Neuinvestitionen
 - Ersatzinvestitionen
 - Das Glühlampenparadoxon
- 3 Unsicherheiten und Systemabgrenzung

2 Investitionen

a) Neuinvestitionen (Welche Alternative?)

Durch den Vergleich zweier Neuanlagen (Alternativen) können **KOSTENEINSPARUNGEN** (= Kapitalrückflüsse) berechnet werden, die **zu maximieren** sind

=> AMZ, interne Verzinsung, Kapitalwert durch Vergleich berechenbar

b) Ersatzinvestition (Wann?)

Durch den Vergleich mit e. bestehenden Anlage können **KOSTENEINSPARUNGEN** (= Kapitalrückflüsse) berechnet werden, die **zu maximieren** sind

=> AMZ, interne Verzinsung, Kapitalwert durch Vergleich berechenbar

2 Investitionen – Neuinvestitionen I

Laufzeit:	6.000 Std./ Jahr
Strompreis:	10 €ct/ kWh
Wartungskosten:	150 € bzw. 100 €/ Jahr
Nutzungsdauer:	12 Jahre
Zinssatz:	10 %

Variante Neu

50 T8-Spiegelrasterleuchten mit EVG (58 W)	20 €/ Stück
Installation	500 €
Strombedarf	17.400 kWh/ a

Variante Neu eff

50 T5-Spiegelrasterleuchten mit cut off EVG (35 W)	30 €/ Stück
Installation	500 €
tageslichtabhängige Steuerung	1.200 €
Reduktion des Strombedarfs um 30 %	
Strombedarf	7.350 kWh/ a

2 Investitionen – Neuinvestitionen II

Eingabe		
	Alt/Neu	Neu eff
Startjahr	2010	
Nutzungsdauern ND [Jahre]	12	12
kalkulatorischer Zinssatz	10,0%	
Investition	1.500 €	3.200 €
Restwert Investition heute	0 €	0 €
Restwert Investition nach Ende ND	0 €	0 €
Energiekosten pro Jahr	1.740 €/a	735 €/a
Änderung Energiekosten pro Jahr	0,0%	0,0%
sonstige Kosten pro Jahr	150 €/a	100 €/a
Änderung sonstige Kosten pro Jahr	0,0%	
sonstige Erträge pro Jahr	0 €/a	0 €/a
Änderung sonstige Erträge pro Jahr	0,0%	

Ergebnisse		
Amortisation, statisch	1,6 a 13 % v.ND	
Amortisation, 10%	1,8 a 15 % v.ND	
Kapitalwert, 10%	5.488 €	
interne Verzinsung	61,9%	
	Alt/Neu	Neu eff
jährliche Kosten inkl. annuisierter Investition	2.110 €/a	1.305 €/a
jährliche Kosteneinsparung		806 €/a

2 Investitionen – Ersatzinvestitionen I

Laufzeit: 6000 Std./ Jahr
Strompreis: 10 €ct/ kWh
Wartungskosten: 150 € bzw. 100 €/ Jahr
Nutzungsdauer: 12 Jahre
Zinssatz: 10 %

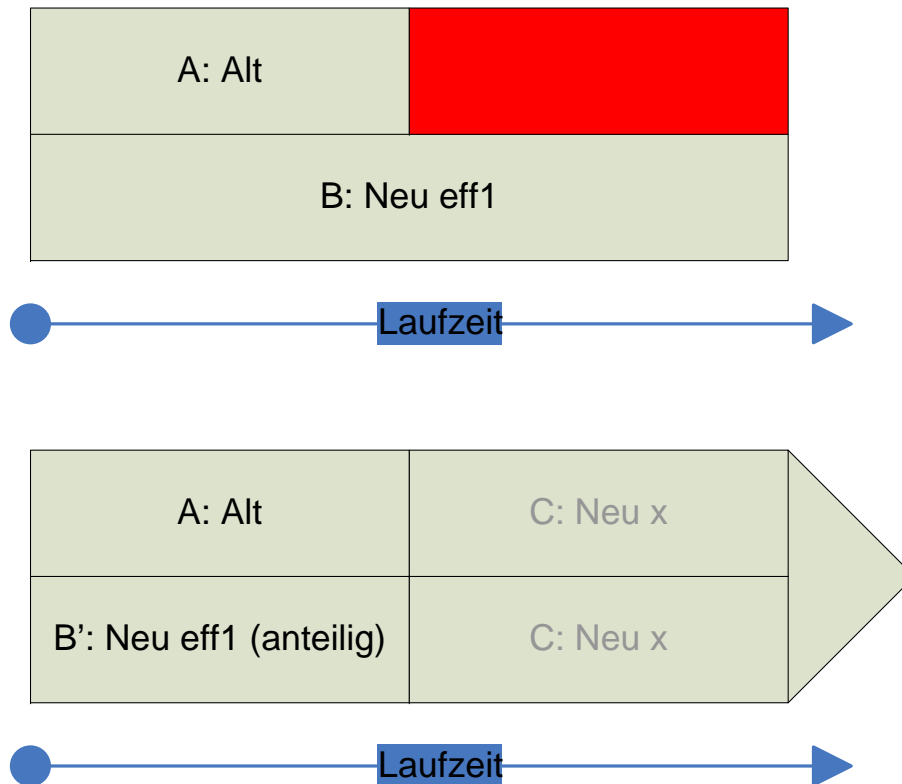
Variante Alt (Restnutzungsdauer: 6 Jahre)

100 T8-Leuchten mit KVG (71 W) 15 €/ Stück
Installation 1.500 €
Strombedarf 42.600 kWh/a

Variante Neu eff (Nutzungsdauer: 12 Jahre)

50 T5-Spiegelrasterleuchten mit cut off EVG (35 W) 30 €/ Stück
Installation 500 €
tageslichtabhängige Steuerung 1.200 €
Reduktion Strombedarf 30%
Strombedarf 7.350 kWh/ a

2 Investitionen – Ersatzinvestitionen IIIa (Laufzeitgleichheit)



2 Investitionen - Ersatzinvestitionen II (Einzelkosten – ohne Laufzeitgleichheit)

Eingabe		
	Alt/Neu	Neu eff
Startjahr	2010	
Nutzungsdauern ND [Jahre]	6	12
kalkulatorischer Zinssatz	10,0%	
Investition	0 €	3.200 €
Restwert Investition heute	0 €	0 €
Restwert Investition nach Ende ND	0 €	0 €
Energiekosten pro Jahr	4.260 €/a	735 €/a
Änderung Energiekosten pro Jahr	0,0%	0,0%
sonstige Kosten pro Jahr	150 €/a	100 €/a
Änderung sonstige Kosten pro Jahr	0,0%	
sonstige Erträge pro Jahr	0 €/a	0 €/a
Änderung sonstige Erträge pro Jahr	0,0%	

Ergebnisse		
Amortisation, statisch	0,4 a	7 % v.ND
Amortisation, 10%	0,6 a	10 % v.ND
Kapitalwert, 10%	13.525 €	
interne Verzinsung	174,4%	
	Alt/Neu	Neu eff
jährliche Kosten inkl. annuierter Investition	4.410 €/a	1.305 €/a
jährliche Kosteneinsparung	3.105 €/a	

2 Investitionen - Ersatzinvestitionen IV (Einzelkosten – mit Laufzeitgleichheit)

Eingabe		
	Alt/Neu	Neu eff
Startjahr	2010	
Nutzungsdauern ND [Jahre]	6	6
kalkulatorischer Zinssatz	10,0%	
Investition	0 €	2.045 €
Restwert Investition heute	0 €	0 €
Restwert Investition nach Ende ND	0 €	0 €
Energiekosten pro Jahr	4.260 €/a	735 €/a
Änderung Energiekosten pro Jahr	0,0%	0,0%
sonstige Kosten pro Jahr	150 €/a	100 €/a
Änderung sonstige Kosten pro Jahr	0,0%	
sonstige Erträge pro Jahr	0 €/a	0 €/a
Änderung sonstige Erträge pro Jahr	0,0%	

Ergebnisse		
Amortisation, statisch	0,6 a 10 % v.ND	
Amortisation, 10%	0,6 a 10 % v.ND	
Kapitalwert, 10%	13.525 €	
interne Verzinsung	174,4%	
	Alt/Neu	Neu eff
jährliche Kosten inkl. annuisierter Investition	4.410 €/a	1.305 €/a
jährliche Kosteneinsparung	3.105 €/a	

2 Investitionen - Ersatzinvestitionen IIIb (Anteilige Investition)

Restnutzungsdauer Alt: 6 Jahre
 Nutzungsdauer Neu eff: 12 Jahre
 Zinssatz: 10%

Jahre	Investition	Annuität der Investition							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	...	2019
	3.200 €	470 €	470 €	470 €	470 €	470 €	470 €	470 €	470 €
1	427 €								
2	388 €								
3	353 €								
4	321 €								
5	292 €								
6	265 €								
Summe	2.045 €								
...	...								
12	150 €								
Summe	3.200 €								

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

	Glühbirnen	Energiesparlampe
Strombedarf pro Jahr:	75.000 kWh	15.000 kWh
Preis	-	5 € pro Lampe
Wechselkosten pro Jahr: ¹	250 €	63 €

1) anteilig, da Energiesparlampen 4 Jahre genutzt werden

2 Investitionen - Das Glühlampenparadoxon II

Statische Berechnung ohne Zinsen

	Glühlampen aufbrauchen	Energie- sparlampen
Kauf Energiesparlampen ¹	0 €/ a	0,25 * 2.500 €/ a
Wechselkosten ¹	250 €/ a	63 €/ a
Stromkosten	7.500 €/ a	1.500 €/ a
Summe	7.750 €/ a	2.188 €/ a

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

3 Unsicherheiten und Systemabgrenzung – Quantifizierung der Kosten und Nutzen

- **Energiepreise:**
Testen der Wirtschaftlichkeit der Investition durch Sensitivitätsanalysen
(z.B. rechnen mit unterschiedlichen Energiepreisen, etc.)
- **später eingesparte Systemkosten**
(z. B. kleinerer Kessel, schwächerer Kompressor, etc.)
- **begleitende Zusatznutzen**
Zusatznutzen sind häufig schwer in Geldwerte zu fassen
(z. B. verbesserte Produktqualität, Lärmschutz, höhere Arbeitsproduktivität, etc.)

Rechnen Sie richtig und Sie rechnen wirtschaftlich

Dr. Dirk Köwener
Schönfeldstraße 8, 76131 Karlsruhe
Tel: 0721 91526326-22, Fax: 0721 9152636-11
d.koewener@irees.de