

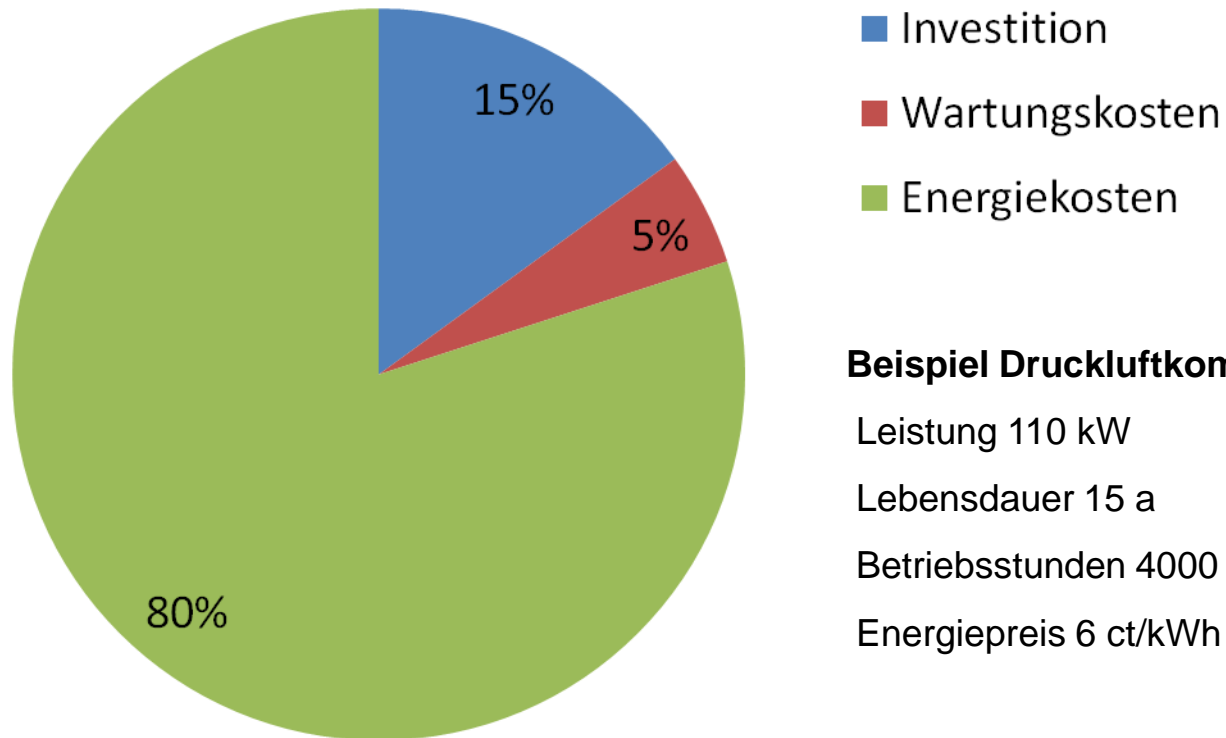
Rentabilität als Entscheidungskriterium für Investitionen

Dr. Dirk Köwener

Überblick

- 1 Warum Energie sparen?
- 2 Methoden
- 3 Investitionen

1 Lebenszykluskosten von motorisch betriebenen Systemen



Beispiel Druckluftkompressor

Leistung 110 kW

Lebensdauer 15 a

Betriebsstunden 4000 h/a

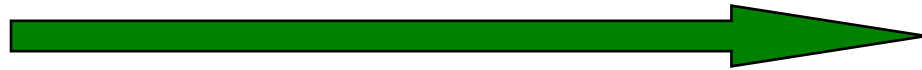
Energiepreis 6 ct/kWh

Viele Maßnahmen sind hochrentabel, weil die Energiekosten bis zu 95 % der Lebenszykluskosten ausmachen.

1 Energieausbeute Druckluftantriebe

1Nm³
pro
Minute

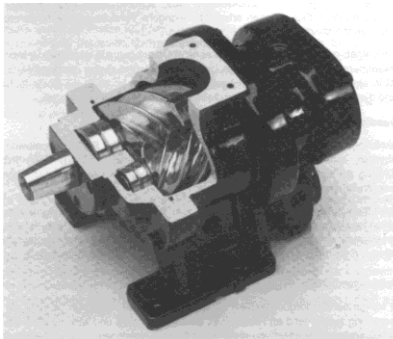
ohne Berücksichtigung der



Leckagen u. Druckverluste



DL mit 6 bar_ü



Kompressor ca.

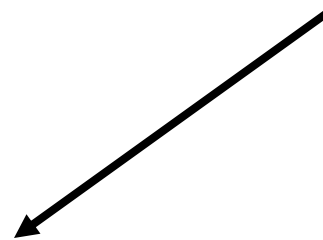
7kW_{el}



9:1

Bohrmaschine

ca. 0,8kW_{Welle}



Überblick

1 Warum Energie sparen?

2 Methoden

Allgemeine Bemerkungen

Amortisationszeit

Interne Verzinsung

Barwert

3 Investitionen

2 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 €

2 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

2 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						...	2017
2007	2008	2009	2010	2011	2012	2012,4		
- 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

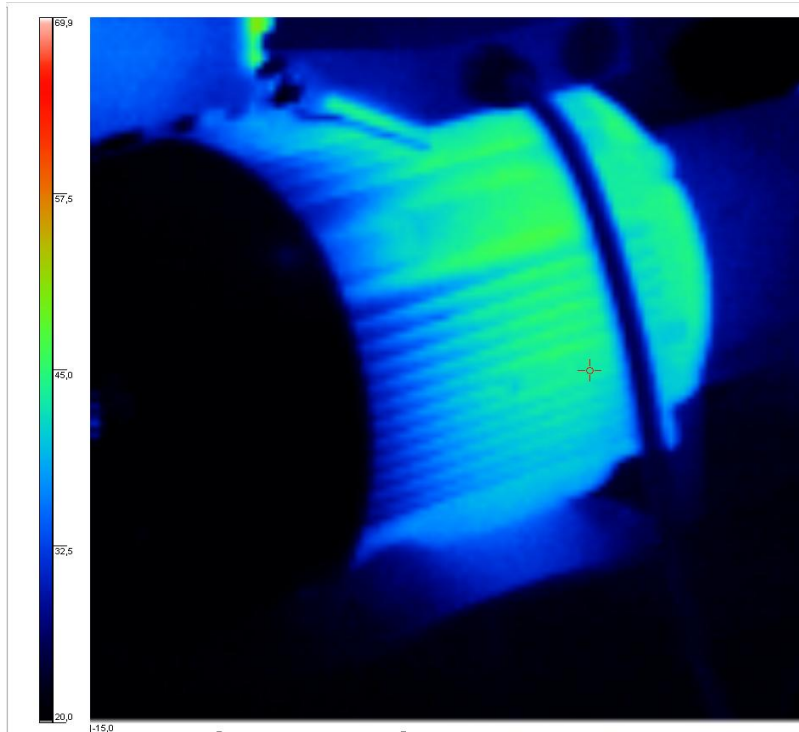
AMZ (Zins = 0 %): 4,0 Jahre

2 Beispiele Amortisationszeit

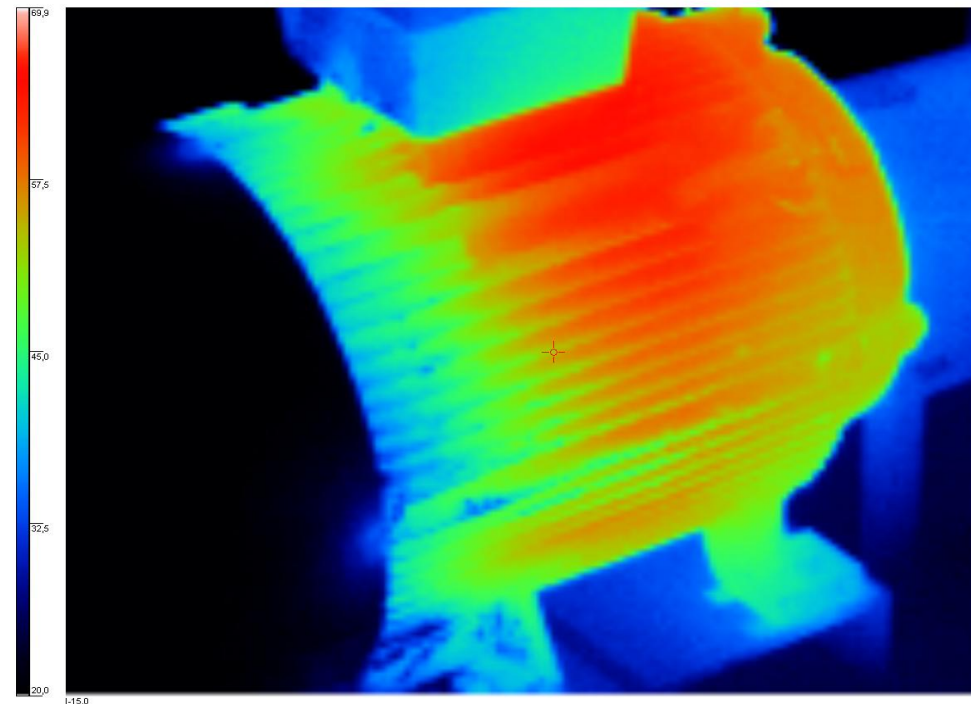
Betriebsstunden [h/a]		2000	4000	8000
Standardmotor Mittlerer Wirkungsgrad: 91% Preis: 1.350 Euro	Energiekosten [€/a]	4.451	8.901	17.802
	Verhältnis Energiekosten zu Motorpreis	3,3	6,6	13,2
EFF1-Motor Mittlerer Wirkungsgrad: 94% Preis: 1.690 Euro	Energiekosten [€/a]	4.309	8.617	17.234
	Verhältnis Energiekosten zu Motorpreis	2,5	5,0	10,0
Preisdifferenz (Standard - EFF1) [€]		340		
Differenz Energiekosten [€/a]		142	284	568
Einfache Amortisationszeit EFF1-Motor		2,4	1,2	0,6

2 EFF1 und EFF2 Motoren

EFF 1



EFF2



2 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 €

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 %

2 Beispiele interne Verzinsung

Art der Nebenanlage		Effizienzpotential	Interne Verzinsung ¹
11 MW	Luftverdichterstation	30 %	20 %
25 MW	Wärme- und Dampferzeugung	35 %	25 %
4 MW	Wärmerückgewinnung zur Vorerwärmung von Glasrohstoffen und Altglas	40 %	18 %
90 kW	Wasser-Zirkulationspumpen	25-35 %	20 %
75 kW	Beleuchtung eines Lagers und einer Produktionshalle	20-30 %	15 %
100 kW	Luftverdichteranlage (Ventile und Steuerung durch das Bedienpersonal)	25 %	20 %
1 MW	Abwärmennutzung von Kunststoffherstellungsmaschinen	40 %	18 %
¹⁾ Planungskosten berücksichtigt			

2 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%	24%	24%
5	neg.	neg.	neg.	0%	5%	9%	12%	14%	15%	17%	18%	19%	19%
6	neg.	neg.	neg.	neg.	0%	4%	7%	9%	11%	13%	14%	15%	15%
7	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	0%	3%	5%	7%	9%	11%	12%	12%
8	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	0%	2%	4%	7%	9%	10%	10%

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

¹ unterstellt wird eine konstante Energiekostensparung über die gesamte Anlagennutzungsdauer

2 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 €				
Barwert (10 %):	4.289 €			

Barwert (15 %): 2.038 €

2 Methoden - Barwert Zahlungsplan

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

Zahlungsplan											
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 €	2.000 €	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 €
abgezinst auf		01. Jan. 2008									
Barwert	4.289 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	711 €	1.026 €	933 €	848 €	771 €

Überblick

1 Warum Energie sparen?

2 Methoden

3 Investitionen

Neu- und Erweiterungsinvestitionen

Ersatzinvestitionen

Das Glühlampenparadoxon

3 Investitionen

a) Neu- und Erweiterungsinvestitionen

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

=> AMZ durch Vergleich berechenbar

=> interne Verzinsung durch Vergleich berechenbar

=> Barwert durch Vergleich berechenbar

b) Ersatzinvestition

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

=> AMZ durch Vergleich berechenbar

=> interne durch Vergleich Verzinsung berechenbar

=> Barwert durch Vergleich berechenbar

3 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 €
Strombedarf	7.250 kWh/ a

Variante B

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

3 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 €
Summe	2.500 €	3.850 €
jährliche Stromkosten	725 €	480 €
jährliche Wartungskosten	50 €	50 €
Barwert jährliche Kosten	4.599 €	2.930 €
Summe Kosten (Barwert)	7.099 €	6.780 €

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 €

3 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 €
Strombedarf	17.750 kWh/a

Variante B

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

3 Investitionen - Ersatzinvestitionen II (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 €

3 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	12.160 €							

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	11.748 €							

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	6.478 €							

Die Laufzeitkongruenz ist durch Annuitäten gewährleistet.

3 Investitionen – Ersatzinvestitionen IV (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
<u>Wartung</u>	= 50 €/ a
Summe	= 1.825 €/ a

Kosten des Vorziehens der neuen Anlage

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

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.

3 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	200 €	50 €

1) anteilig, da Energiesparlampen 4 Jahre genutzt werden

3 Investitionen - Das Glühlampenparadoxon II

Statische Berechnung ohne Zinsen

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

1) anteilig, da Energiesparlampen 4 Jahre genutzt werden

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

Herzlichen Dank fürs Zuhören

Ihr Ansprechpartner:

Dr. Dirk Koewener

d.koewener@bsr-sustainability.de

<http://www.bsr-sustainability.de/>