

7

Elektrotechnik und Maschinenbau
mit
industrieller Elektronik und Nachrichtentechnik

E und M

Zeitschrift des Österreichischen Verbandes für Elektrotechnik Schriftleiter: H. Sequenz und F. Smola

100. Jahrgang

Wien, Juli 1983

Heft 7

Wirtschaftlichkeit energiesparender Investitionen

Von LUDWIG KUMER, Wien¹

(Eingelangt: 1983 03 03)

1. Allgemeines

Energiewirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen lassen sich meist nur im organisatorischen Bereich ohne nennenswerten Kapitaleinsatz verwirklichen. Alle übrigen Maßnahmen, mit dem Ziel einer rationellen Energienutzung, etwa jene im Produktionsbereich, erfordern Kapital. Als Folge ändert sich die Struktur für die Energiekosten derart, daß der Anteil der Kosten für die eingesetzte Energie sinkt, während der Kostenanteil für das investierte Kapital steigt.

Energiesparmaßnahmen müssen aber nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll sein. Dies ist dann der Fall, wenn erwartet werden kann, daß die Investitionssumme durch die Einsparung an Energiekosten in einem angemessenen Zeitraum abgegolten sein wird. Die Zeitspanne bis zur Rentabilität (Amortisation) wird als Maßstab der Wirtschaftlichkeit einer Anlage zur Energieeinsparung angesehen.

Ziel dieses Aufsatzes soll sein, dem Investor eine einfach zu handhabende Entscheidungshilfe zu erarbeiten. Erwartungswerte für die der Berechnung der Amortisationszeit einer energiesparenden Investition zugrundeliegenden sensiblen Annahmen werden vorgeschlagen.

2. Amortisationszeit

Zu einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung werden folgende Größen benötigt:

- (1) die Investitionssumme,
- (2) die erzielbare Energiekostensparnis pro Jahr,
- (3) die zu erwartenden Energiepreissteigerungen pro Jahr,
- (4) die Finanzierungskosten für Fremdkapital.

Wesentlicher Bestandteil einer Wirtschaftlichkeitsberechnung ist natürlich der Finanzierungsplan, der aufzeigt, aus welchen Quellen die Investitionssumme aufgebracht werden soll. Neben eigenen Mitteln kommen hierfür

öffentlich geförderte Darlehen sowie Bankkredite in Frage.

Man sollte meinen, daß derart die Rentabilität einer konkreten energiesparenden Investition bestimmbar ist. Die Amortisationsdauer variiert jedoch sehr mit der zahlenmäßigen Festlegung der oben angegebenen Größen.

3. Unsicherheiten bei der Investitionsentscheidung

Die richtige Festlegung der Größen – Steigerung der Energiekosten, Inflationsrate und Finanzierungskosten (Kreditzins) – ist für die Erarbeitung der kommerziellen Entscheidungskriterien von wesentlichem Einfluß.

3.1 Steigerung der Energiekosten

Die Auswahl der Energieträger eines Industrieunternehmens wird in den meisten Fällen mehr durch die Verfügbarkeit der Energieträger als durch deren Kosten bestimmt. Noch dazu scheint heute die Auswahl des jeweils billigsten Energieträgers von untergeordneter Bedeutung zu sein, da voraussichtlich ein weiterer Angleich der noch geringfügig unterschiedlichen Energiekosten erfolgen wird.

Eine Prognose des zu erwartenden Anstiegs der Energiepreise ist jedenfalls mit gewissen Unwägbarkeiten verbunden. Die Veränderungen der Energiekosten hängen, wie in den letzten drei Jahren bei Erdöl deutlich zu erkennen war, wesentlich vom jeweiligen Weltmarktangebot ab.

Ein Unternehmer, der die Wirtschaftlichkeit einer in Planung befindlichen Anlage zur Einsparung von Energie zu beurteilen hat, ist vor die schwierige Aufgabe gestellt, die Energiepreissteigerung der nächsten fünf bis zehn Jahre einzuschätzen. Dazu soll Abb. 1 eine Hilfe sein, welche einen drastischen Anstieg der spezifischen Energiepreise seit 1973 zeigt (Kurve A in Abb. 1). Der in Abb. 1, Kurve B, dargestellte Energiebedarf der Industrie bis etwa 1974 führt zusammen mit den steigenden Energiepreisen zu Ausgaben des österreichischen Produktionsbereiches, die seit 1972 auf das Dreifache angestiegen sind (Kurve C in Abb. 1).

¹ Dr.-Ing. LUDWIG KUMER, Zivilingenieur für Technische Physik, Kegelgasse 16, A-1030 Wien.

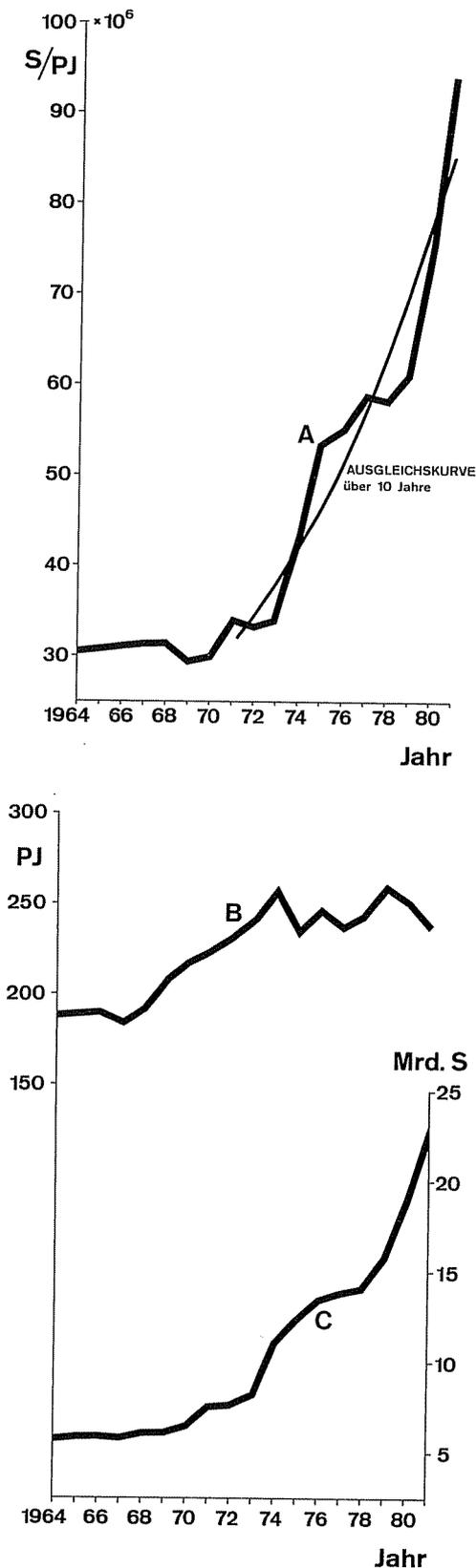


Abb. 1. Veränderungen der Energiekosten und des Energiebedarfs der österreichischen Industrie [1]. Die Ausgleichskurve über 10 Jahre ergibt eine Steigerung der spezifischen Energiekosten von 9,7%

- A Steigerung der spezifischen Energiekosten in S/PJ
- B Verbrauch der Industrie in PJ
- C Kosten der Energieaufbringung in Mrd. S

Aus einer Exponentialausgleichskurve (A in Abb. 1) konnte die durchschnittliche Zunahme der Energiepreise der letzten zehn Jahre mit 9,7% pro Jahr bestimmt werden. Auch wenn zur Zeit die Energiepreise stagnieren, wird doch mittelfristig mit einem vergleichbaren Energiekostenanstieg gerechnet werden müssen. Es ist daher sinnvoll, als Basis für Wirtschaftlichkeitsberechnungen etwa dieselbe nominelle Energiekostensteigerung wie bisher, das sind rund 10% pro Jahr, anzunehmen.

3.2 Inflationsrate

Zur Normierung der zukünftigen nominellen Energiekosten auf „reale“ Kosten sowie zur Abwertung der laufenden Annuitätszahlungen muß des weiteren eine Inflationsrate prognostiziert werden. Derart wird der Barwert – das ist der aktuelle Wert einer zu einem späteren Zeitpunkt zu erbringenden Zahlung, z. B. der Annuität sowie der Einsparung an Energiekosten – bestimmt.

Die jährliche Inflationsrate ist an die Wirtschaftsentwicklung gekoppelt. Divergierende Aussagen über die wahrscheinliche Entwicklung der Wirtschaft führen mehr zur Belebung der Unsicherheit als der Wirtschaft selbst. Zur Abschätzung der wirtschaftlichen Zweckmäßigkeit einer betrieblichen Investition der Energieeinsparung wird die mittlere Inflationsrate der letzten fünf Jahre von 4,9/a [2], also rund 5%/a angenommen.

Es läßt sich auch zeigen, daß bisher – zumindest über mehrere Jahre beobachtet und von Schwankungen in den Jahren der „Energieschocks“ abgesehen – die Differenz zwischen Energiepreissteigerung und Inflationsrate bei 5%/a gelegen ist.

3.3 Darlehenszinssatz

Eine Festlegung der Darlehenskosten scheint insbesondere nach dem Auf und Ab der Zinssätze in den letzten Jahren nicht gut möglich. Auch sind die Bedingungen für Kredite zur Finanzierung energiesparender Investitionen meist günstiger als für andere betriebliche Investitionen. Weiters sollte der steuerliche Vorteil der vorzeitigen Abschreibung gemäß der Novellierung des Einkommensteuergesetzes von 1979 berücksichtigt werden. Für die Aufbringung von Eigenkapital wird eine höhere Verzinsung gefordert werden müssen als für Fremdkapital. Das führt zu einem „Mischzinssatz“, welcher anteilmäßig aus den einzelnen Zinssätzen kalkuliert wird.

Die in der Folge vorgestellten Berechnungen werden daher mit unterschiedlichen Zinssätzen, und zwar zwischen 5%/a und 15%/a durchgeführt. Es besteht aber auch die Möglichkeit, den höchstzulässigen Zinssatz zu ermitteln, welcher, unter der Annahme einer angemessenen Amortisationszeit, noch wirtschaftlich vertretbar ist.

4. Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Berechnung der Amortisationszeit erfolgt mit der Barwertmethode. Dieses Verfahren erlaubt die Abwertung von späteren Zahlungen auf das heutige Preisniveau. Darunter sind z. B. Rückzahlungen des Investitionskredites sowie Reparatur- und Erhaltungskosten gemeint.

Die Amortisationszeit ist erreicht, wenn der während der Betriebszeit t kumulierte Aufwand A (Darlehensrückzahlungen plus Betriebs- und Reparaturkosten) den aufsummierten jährlichen Einsparungen an Energiekosten E gleichkommt.

Dabei werden, wie oben erwähnt, alle Kosten und finanziellen Einsparungen mit der Inflationsrate j auf den heutigen Wert (Barwert) umgerechnet.

Folgende Symbole wurden verwendet:

- A kumulierter Aufwand (S),
- E kumulierte Einsparung (S),
- PV Investitionsvolumen (primary value),
- BK Betriebskosten,
- RK Reparatur- und Erhaltungskosten,
- EK_0 spezifische Energiekosten (S/MJ),
- EV_{einsp} Ausmaß der Energieeinsparung (MJ/a),
- E_{einsp} finanzielle Einsparungsmöglichkeit für Energie (S/a),
- i Darlehenszinssatz,
- j Inflationsrate,
- k prognostizierte Energiekostensteigerung,
- n Kreditlaufzeit,
- x Anteil der jährlichen Betriebs- und Reparaturkosten an den Investitionskosten,
- $t = 1, 2, \dots$ Berechnungsjahre,
- t_A Amortisationszeit.

$$t = t_A \text{ für } A = E,$$

$$A = \sum_{t=1}^{t_A} \left[PV \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \cdot (1+j)^{-t} + (BK + RK) \right],$$

$$E = \sum_{t=1}^{t_A} EK_0 \cdot EV_{\text{einsp}} \cdot (1+k)^t (1+j)^{-t}$$

mit

$$BK + RK = x \cdot PV$$

und

$$EK_0 \cdot EV_{\text{einsp}} = E_{\text{einsp}}$$

wird

$$A = PV \sum_{t=1}^{t_A} \left[\frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} (1+j)^{-t} + x \right],$$

$$E = E_{\text{einsp}} \cdot \sum_{t=1}^{t_A} \left(\frac{1+k}{1+j} \right)^t.$$

Durch die Definition der Faktoren f_A und f_E vereinfachen sich die Gleichungen zu:

$$A(t) = PV \cdot f_A(t),$$

$$E(t) = E_{\text{einsp}} \cdot f_E(t),$$

$$f_A = \sum_{t=1}^{t_A} \left[\frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \cdot (1+j)^{-t} + x \right],$$

$$f_E = \sum_{t=1}^{t_A} \left(\frac{1+k}{1+j} \right)^t,$$

$$A(t_A) = E(t_A)$$

und somit

$$f_A(t) \cdot \frac{PV}{E_{\text{einsp}}} = f_E(t).$$

Zur Veranschaulichung dieser Zusammenhänge werden diese Faktoren an Hand eines Beispiels berechnet:

- PV 80 000 S,
- $EK + RK$ 0,
- EK_0 0,1 S/MJ (0,36 S/kWh),
- EV_{einsp} 0,1 TJ/a (100 000 MJ/a),
- i 0,10,
- j 0,05 (siehe Abschnitt 3.2),
- k 0,10 (siehe Abschnitt 3.1),
- n 10 a.

Für $E_{\text{einsp}} = EK_0 \cdot EV_{\text{einsp}} = 0,1 \cdot 10^5 = 10\,000$ S/a sind die Faktoren des kumulierten Aufwandes und der kumulierten Einsparung in Tabelle I angeschrieben.

Dieser numerische Zusammenhang ist in Abb. 2 dargestellt. Für $A = E$ gilt $f_A = 4,5$ a. Es ist ersichtlich, wie die Differenz aus dem kumulierten Aufwand und den Einsparungen der Energiekosten zunächst ansteigt und erst ab dem dritten Betriebsjahr abnimmt. Des Weiteren ist ersichtlich, wie geringfügig diese Kosten/Nutzen-Differenz für diesen konkreten Fall ist.

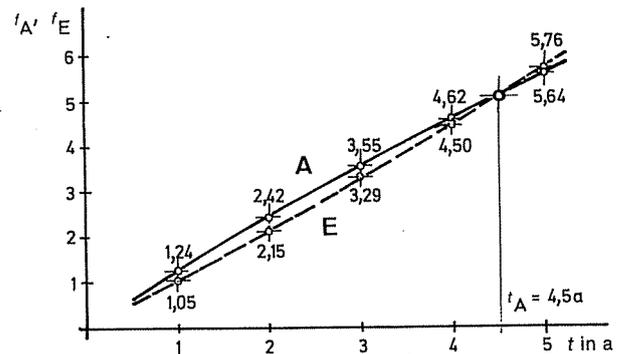


Abb. 2. Darstellung des zeitlichen Verlaufes der Faktoren von Aufwand f_A und Energiekosteneinsparung f_E

5. Berechnung von Amortisationszeiten

Zur praktischen Berechnung ist die Verwendung eines gegebenenfalls programmierbaren Taschenrechners zu empfehlen. Derart konnten die in Tabelle II für unterschiedliche Randbedingungen angegebenen Werte der Amortisationszeit ohne großen Aufwand bestimmt werden. Graphisch sind diese Zusammenhänge nochmals in den Abb. 3 und 4 wiedergegeben. Somit kann in einem

Tabelle I. Beispielhafte Berechnung der Faktoren f_A und f_E

	1	2	3	4	5	6
1	t	kumulierter Aufwand $f_A \cdot \frac{PV}{E_{\text{einsp}}}$	Barwert von A in 10^3 S	kumulierte Einsparung f_E	Barwert von E in 10^3 S	Barwert von $A-E$ in 10^3 S
2	1. Jahr	1,24	12,4	1,05	10,5	1,9
3	2. Jahr	2,42	24,2	2,15	21,5	2,7
4	3. Jahr	3,55	35,5	3,29	32,9	2,6
5	4. Jahr	4,62	46,2	4,50	45,0	1,2
6	5. Jahr	5,64	56,4	5,76	57,6	- 1,2

Tabelle II. Berechnung der Amortisationszeiten für unterschiedliche Kreditlaufzeit und unterschiedlichen Zinssatz sowie für $BK + RK = 0$ bzw. $3\% PV/a$

$BK + RK = 0$		PV/E_{einsp}															
n in a	i in %	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5
10	5					-	1,01	2,15	3,29	4,38	5,41	6,40	7,34	8,24	9,11	9,94	10,73
	7,5				-	2,15	3,42	4,64	5,80	6,89	7,92	8,90	9,83	10,72			
	10		-	1,58	3,15	4,49	5,79	7,02	8,14	9,22	10,24						
	12,5	-	2,25	3,90	5,33	6,70	8,01	9,19	10,33								
	15	2,66	4,38	5,99	7,41	8,78	10,07										

$BK + RK = 3\% PV$		PV/E_{einsp}											
n in a	i in %	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5
10	5				-	1,40	3,14	4,64	6,10	7,43	8,71	9,94	11,09
	7,5			-	2,04	3,73	5,34	6,87	8,27	9,61	10,89		
	10		-	2,25	4,14	5,85	7,43	8,95	10,34				
	12,5	-	2,26	4,28	6,13	7,83	9,40	10,91					
	15	2,05	4,20	6,19	8,03	9,70	11,28						

$BK + RK = 0$		PV/E_{einsp}				
n in a	i in %	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
5	5		-	2,01	4,02	5,83
	7,5	-	1,13	3,38	5,40	
	10	-	2,50	4,78	6,79	
	12,5	1,28	3,89	6,11		
	15	2,62	5,16			

$BK + RK = 3\% PV$		PV/E_{einsp}				
n in a	i in %	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
5	5		-	2,49	4,94	7,09
	7,5	-	1,17	3,90	6,25	
	10	-	2,48	5,18	7,52	
	12,5	-	3,78	6,40		
	15	2,04	5,01			

konkreten Fall die Amortisationszeit entweder aus der Tabelle oder aus den graphischen Darstellungen bestimmt werden. Lineare Inter- und Extrapolationen sind mit einer für das Ergebnis hinreichenden Genauigkeit möglich.

6. Allgemeine Ergebnisse

Auf Grund der langfristigen nicht zu prognostizierenden Marktentwicklung fordern Investoren der Industrie und des Gewerbes in der Regel relativ kurze Amortisationszeiten von 3 bis 5 Jahren, obwohl die Standzeiten der energiesparenden Einrichtungen meist erheblich länger sind.

Kredite an die Industrie zur Verwirklichung von derartigen Vorhaben werden üblicherweise für eine Laufzeit von 5 oder 10 Jahren gewährt.

Werden die aktuellen Parameter der voraussichtlichen energiewirtschaftlichen Entwicklung, Inflationsrate $5\%/a$, Energiekostensteigerung $10\%/a$, einer dynamischen Berechnung von Amortisationszeiten zugrunde gelegt, so ergeben sich praktisch zu handhabende Graphiken zur Bestimmung von Amortisationszeiten. Fallen keine zusätz-

lichen Betriebs- und Reparaturkosten ($BK + RK = 0$) für die voraussichtliche Zeit bis zur Rentabilität an, so können aus Abb. 3 die Amortisationszeiten in Abhängigkeit vom Verhältnis Investitionskosten zur jährlichen Energiekosteneinsparung (PV/E_{einsp}) abgelesen werden. Für Betriebs- und Reparaturkosten von jährlich 3% der Investitionskosten ($BK + RK = 3\% PV/a$) gilt Abb. 4 bei sonst gleichen Voraussetzungen.

Unter der Annahme einer dreijährigen Amortisationszeit zeigt Abb. 4, daß für Kredite mit 10% Verzinsung das Verhältnis PV/E_{einsp} nur etwa 4 bei fünfjähriger Kreditlaufzeit, jedoch mehr als 6 bei zehnjähriger Laufzeit betragen kann. Die oft angewendete statische Berechnung der Amortisationszeit, das ist eine überschlägige Rechnung ohne Barwertung der Berücksichtigung von Darlehenszinsen und der Energiekostensteigerung, würde in diesen Fällen die nur dreifachen jährlichen Energieeinsparungskosten als Investitionsumfang zulassen. Wird eine fünfjährige Amortisationszeit vorausgesetzt, bei ebenfalls zehnjähriger Kreditlaufzeit und 10% Zinssatz, so erhöht sich das Verhältnis Investition zu Energieeinsparung auf 7.

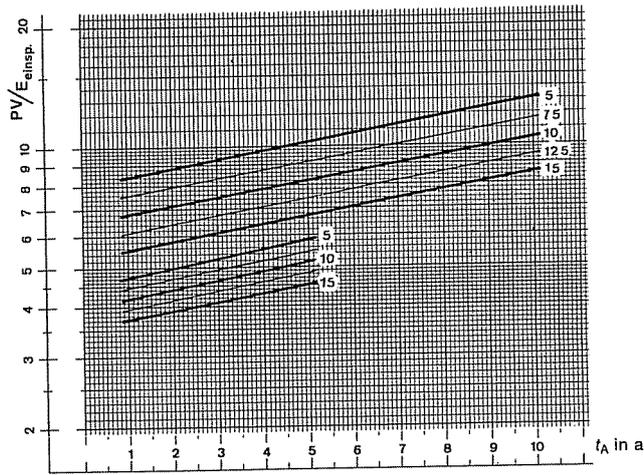


Abb. 3. Amortisationszeiten für $BK + RK = 0$ in Abhängigkeit vom Verhältnis Investition zu Energiekosteneinsparung für eine fünfjährige (untere Kurvenschar) und zehnjährige Kreditlaufzeit (obere Kurvenschar) sowie Kreditzinsen von 5%/a bis 15%/a

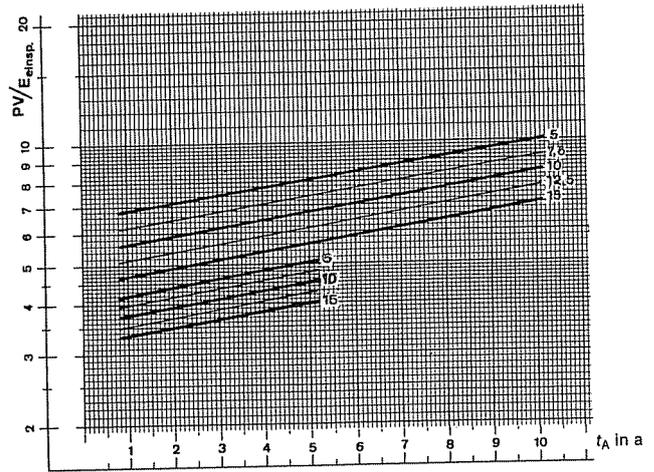


Abb. 4. Amortisationszeiten für $BK + RK = 3\% PV/a$ in Abhängigkeit vom Verhältnis Investition zu Energiekosteneinsparung für eine fünfjährige (untere Kurvenschar) und zehnjährige Kreditlaufzeit (obere Kurvenschar) sowie Kreditzinsen von 5%/a bis 15%/a

Zur Festlegung von kommerziellen Randbedingungen für Investitionsentscheidungen im Rahmen energiesparender Maßnahmen sind derartige Richtwerte meist von großem Nutzen. Für konkrete Fälle besteht die Möglichkeit, die Amortisationszeit der Tabelle II zu entnehmen oder aus Abb. 3 bzw. Abb. 4 abzulesen.

Schrifttum

- [1] WIFO, Volkswirtschaftliche Datenbank, Übersicht der Energiekosten der Industrie je TJ für einzelne Energiearten, 1982 10 18.
- [2] Kennzahlen zur Wirtschafts- und Energielage Österreichs, 1. Quartal 1982, Abt. EW/VW der VG, Seite 10.