

1.3 Wirtschaftlichkeitsberechnungen

1.3.1	Einleitung	3
1.3.2	Nutzen-Kosten-Vergleich	4
1.3.3	Statische Methoden	5
1.3.4	Dynamische Methoden – Barwertrechnung	6
1.3.5	Dynamische Methoden – Annuitätenrechnung	9
1.3.6	Dynamische Methoden – Interner Zinssatz und äquivalenter Energiemittelpreis	11
1.3.7	Nutzungsdauer und Instandhaltung	13
1.3.8	Rückzahlfrist N	14
1.3.9	Abzinsungsfaktor A_F	15
1.3.10	Barwertfaktor (Diskontierungsfaktor) B_F	16
1.3.11	Annuitätenfaktor (Kapitalgewinnungsfaktor) a_n	17
1.3.12	Mittelwertfaktor t	18
1.3.13	Wirtschaftlichkeitsberechnungen	19

Dieses Kapitel wurde erstellt unter Mitwirkung von:

5. Auflage:

Otto Fux, Masch. Ing. SIA, dipl. Sanitärplaner, Ittigen / BE
Bernhard Berohtold, Sanitärtechniker TS, Frauenfeld
Jürg Reist, Sanitärtechniker TS, G rnligen / BE
Christian Stauber, Sanitärtechniker TS, Epalinges / VD
Emanuel Zehender, Sanitärtechniker TS, St.Gallen

Überarbeitung 2014:

Stefan von Rotz, Sanitärtechniker HF, Wallisellen

Tabellenverzeichnis

Tabellentitel einfügen	13
Rückzahlfrist N	14
Abzinsungsfaktor A_F	15
Barwertfaktor (Diskontierungsfaktor) B_F	16
Annuitätenfaktor (Kapitalgewinnungsfaktor) a_n	17
Mittelwertfaktor t	18
Interner Zinssatz	18

Quellennachweis

- [1] Handbuch und Projektierung wärmetechnischer Gebäudesanierungen Bundesamt für Konjunkturfragen
5. überarbeitete und erweiterte Auflage April 1983
Eidg. Drucksachen und Materialzentrale 3000 Bern
Form 724.00d (Seiten 247 bis 252)
- [2] Haustechnik heute
Bundesamt für Konjunkturfragen
2. überarbeitete und erweiterte Auflage 1986
Eidg. Drucksachen und Materialzentrale 3000 Bern
Form 724.601d (Seiten 240 bis 244)
- [3] Warmwasserversorgung heute
Karl Bösch und Otto Fux
AT Verlag Aarau, Stuttgart
1984 ISBN 3-85502-022-1
- [4] Empfehlung SIA 380/3, Ausgabe 1990,
Wärmedämmung von Leitungen, Kanälen und Behältern in Haustechnik-Anlagen, Schweiz.
Ingenieur- und Architekten-Verein (SIA), Zürich
- [5] Kosten und Nutzen
H. Mühlemann, dipl. Ing. ETH, lic. oec.

1.3.1 Einleitung

Mit der Wirtschaftlichkeitsrechnung werden verschiedene Varianten, mit demselben vorgegebenen Nutzen, miteinander verglichen. Der Nutzen ist mit möglichst geringem (finanziellem) Aufwand zu erzielen. Die Grenzen des zu leistenden Aufwandes können eng (betriebswirtschaftlich) oder weiter, unter Berücksichtigung gesamtwirtschaftlicher und ökologischer Aspekte betrachtet werden.

Die Kapitalisierung von Vor- oder Nachteilen (Komfortverbesserungen, Umweltverträglichkeit) ist kaum möglich. Derartige Nebeneffekte sollen jedoch ebenfalls gewichtet und bei Sanierungen oder Neuinvestitionen mit in den Entscheid einbezogen werden.

Ist der rein geldmässige Nutzen einer Investition grösser – oder mindestens so gross – wie die verursachten Kosten, gilt die Massnahme als wirtschaftlich.

Wirtschaftlichkeitsberechnungsarten

Statische Methoden

- Kosten-Nutzen-Vergleich
- Pay-back-Rechnung (Amortisation)

Dynamische Methoden

- Barwertrechnung (Kapitalwertrechnung)
- Annuitätenrechnung
- Interner Zinssatz
- Äquivalenter Energiemittelpreis

Die **statischen Methoden** berücksichtigen nur die momentanen Kosten, Kapitaleinsätze und Energiemittelpreise.

Die jährlichen Schwankungen dieser Grundlagenwerte werden nicht berücksichtigt.

Diese statischen, relativ einfachen Berechnungsmethoden wurden in der Vergangenheit ganz allgemein angewendet unter Zuhilfenahme von Tabellen mit den sogenannten Amortisations- bzw. Annuitätsfaktoren. Bei Investitionen für Massnahmen mit kurzer Nutzungsdauer, oder für Anlagen, bei denen die Energieeinsparung nicht im Vordergrund steht, kann die statische Methode ohne weiteres noch angewendet werden.

Bei **dynamischen Berechnungsmethoden** werden die Preisentwicklungen der Kosten und zusätzlich der Kapitalzinssatz zur Amortisation und Verzinsung der Investitionen und zur Auf- bzw. Abzinsung von jährlichen Kosten berücksichtigt. Die verschiedenen Kostenarten sind sorgfältig zu ermitteln. Grundsätzlich sind dynamische Methoden den statischen (ohne Berücksichtigung von Preisentwicklungen und Zinssatz) vorzuziehen. Sie sind so zu bearbeiten, dass sie einfach zu benützen sind und namentlich keine Zinseszinsrechnungen erfordern.

Als Grundgleichung der Wirtschaftlichkeitsberechnung gilt in allgemeiner Form

$G = E - K$	G = Gewinn
	E = Ertrag bzw. Nutzen infolge Energieeinsparung
	K = Kosten

Die Schwelle zur Wirtschaftlichkeit ist erreicht, wenn der Gewinn = 0 ist, d. h. die Kosten sind durch Einsparungen zurückbezahlt worden.

Die jetzt folgenden Einsparungsbeträge können als Gewinn verbucht werden.

1.3.2 Nutzen-Kosten-Vergleich

Der durchschnittliche geldmässige Nutzen (Einsparung von Kosten) und die durchschnittlichen Kosten während eines Jahres bzw. der Nutzungsdauer werden miteinander verglichen.

Kostenelemente	Variante 1 in Fr.	Variante 2 in Fr.	Ist-Zustand in Fr.
Amortisationskosten	_____	_____	_____
Kapitalzinskosten	_____	_____	_____
Wartungs- und Unterhaltskosten	_____	_____	_____
Energiemittelkosten	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
Total Kosten	_____	_____	_____
abzüglich Totalertrag bzw. Nutzen –	_____	_____	_____
Total Differenzbetrag	_____	_____	_____
	=====	=====	=====

(negativer Differenzbetrag = Gewinn, «Kosteneinsparung»;
 positiver Differenzbetrag = Verlust, «Kostenüberhang»)

- Amortisationskosten: umgewandelte Investitionskosten, die den jährlichen Wertverlust der Einrichtung / Anlage abdecken.
- Kapitalzinskosten: Zinskosten für das eingesetzte Kapital.
- Wartungs- und Unterhaltskosten: Anhand nachgewiesener Herstellerangaben oder Unterhaltsverträgen.
- Energiemittelkosten: Aufgrund des durchschnittlichen jährlichen Energieverbrauchs und des mittleren Energiemittelpreises. (Teuerung wird hier nicht berücksichtigt.)
- Nutzungsdauer: Zeitraum, während dem eine Sanierungsmassnahme – ohne nennenswerte Zusatzkosten – ihren Zweck erfüllt.

1.3.3 Statische Methoden

Pay-back-Rechnung

Diese Rechnungsart wird auch als Kapital-Rückzahlfrist- oder Kapital-Rückflusszeit-Methode bezeichnet. Bei dieser Rechnung wird die Rückzahlfrist (N), vielfach auch Wiedergewinnungszeit genannt, in welcher der Kapitaleinsatz durch die jährlichen Kosteneinsparungen (Einnahmen vermindert um die Ausgaben) «zurückbezahlt» wird, ermittelt.

$$N = \frac{K}{E}$$

N = Rückzahlfrist (Wiedergewinnungszeit)
K = Kapitaleinsatz, Kosten
E = durchschnittlicher jährlicher Ertrag bzw. Nutzen durch Energieeinsparung

Das Investitionsvorhaben ist also wirtschaftlich, wenn

- die Rückzahlfrist (N) kleiner als die vorgesehene Nutzungsdauer (n) ist, oder
- ein Investitionsprojekt im Vergleich zu anderen Möglichkeiten die kleinere Rückzahlfrist aufweist. Ist die Nutzungsdauer (n) der verschiedenen Varianten unterschiedlich, so muss auch die Anzahl Rückflüsse berücksichtigt werden.

$$RF = \frac{n}{N}$$

$$RF = \frac{\sum E}{K}$$

RF = Anzahl Rückflüsse
RF ≥ 1, wirtschaftlich
RF ≤ 1, unwirtschaftlich

Vorteile:

- Gradmesser für das mit der Investition verbundene Risiko. Je kürzer die Rückzahlfrist ist, desto überschaubarer wird der Zeitraum und desto kleiner ist die Unsicherheit der getroffenen Annahmen.
- Liquiditätsorientierte Überlegungen.
- Einfache Berechnungsart, deshalb für Vorprojektüberlegungen (Variantenvergleiche) geeignet.

Nachteile:

- Keine Aussage über Rentabilität.
- Bei langen Rückzahlfristen ungeeignet, da die hier nicht berücksichtigten Zinseszinswerte das Resultat massiv beeinflussen können.

Wenn Energiepreisteuerung gleich Kapitalzinssatz so folgt:

$$K_1 = \text{Kapital (Investitionskapital)}$$

$$K_1 = n \cdot E_1 \quad n = \text{Nutzungsdauer}$$

$$E_1 = \text{Energieeinsparung im 1. Jahr}$$

Nutzungsdauer (n) = Rückzahlfrist (N)

Beispiel:

Ersatz Wassererwärmer mit besserem Leistungsverhältnis $K_1 = \text{Fr. } 3'000.-$
 Nutzungsdauer (n) nach Tabelle 1.3.7, S. 13 $n = 17 \text{ Jahre}$
 Energiekosteneinsparung im 1. Jahr $E_1 = \text{Fr. } 200.-$
 Energiepreisteuerung = Kapitalzinssatz \rightarrow Nutzungsdauer (n) Rückzahlfrist (N)

Rückzahlfrist:

$$N = \frac{3'000.-}{200.-} \left[\frac{\text{Fr.}}{\text{Fr./a}} = a \right] = 15 \text{ Jahre} < n = 17 \text{ Jahre, also wirtschaftlich}$$

Wenn Energiepreisteuerung ungleich Kapitalzinssatz so folgt:

Aus der Tabelle Blatt 1.3.8, S. 14 kann anhand der Differenz zwischen jährlicher Energiepreisteuerung (+) und dem Kapitalzins (-) sowie der angenommenen Rückzahlfrist (nach Tabelle 1.3.7, S. 13) die effektive oder angepasste Rückzahlfrist abgelesen werden. Ist die effektive Rückzahlfrist (N) kleiner als die Nutzungsdauer (n), so ist die Massnahme wirtschaftlich. Bei gleich langen Zeiten ist die Investition (Kapitaleinsatz) finanziell noch vertretbar, kann aber umweltschutzmässig schon sehr viel beitragen.

1.3.4 Dynamische Methoden – Barwertrechnung

Diese Rechnungsart wird auch als Kapitalwert-, Gegenwartswert- oder Present-Value-Methode bezeichnet. Heute ist das Geld mehr wert, als wenn man die gleiche Summe erst in einem Jahr zur Verfügung hat. Das Geld kann sofort zinstragend angelegt werden und man kann in einem Jahr über die gleiche Summe und über den Zinsertrag verfügen. Den heutigen Wert der erst in Zukunft zur Verfügung stehenden oder fälligen Geldsumme nennt man den Barwert oder den Gegenwartswert.

Abzinsungsfaktor A_F

Um in n-Jahren das Kapital K_n zur Verfügung zu haben, muss bei gleichbleibendem Zinssatz p^* das Anfangskapital K_1 bereitgestellt werden.

$$K_1 = K_n \cdot A_F = K_i \cdot \frac{1}{(1 + p)^n} \quad A_F = \text{Abzinsungsfaktor (nach Tabelle 1.3.9, S. 15)}$$

Beispiel:

Ersatz Wassererwärmer, mutmassliche Kosten $K_n = \text{Fr. } 10'000.-$
 Nutzungsdauer (Zeitdauer bis zum Ersatz) $n = 5 \text{ Jahre}$
 Zinssatz (Kapitalzins) $p = 8 \%$
 Abzinsungsfaktor (A_F) nach Tabelle Seite 1.3.9, S. 15 $A_F = 0,6806$

Anfangskapital K_1 (Kapital, das für die Auswechslung heute bereitgestellt werden muss):

$$K_1 = \text{Fr. } 10'000.- \cdot 0,6806 = \text{Fr. } 6'806.-$$

* Vom Kapitalmarkt abhängig oder wird vom Bauherrn festgelegt: $\left(\frac{p \text{ in } \%}{100} = \right)$

Barwertfaktor (Diskontierungsfaktor) B_f

Während n Jahren anfallende gleichbleibende Einnahmen oder Ausgaben B ergeben bei gleichbleibendem Zinssatz p : $\left(\frac{p \text{ in } \%}{100} = \right)$ das rechnerische Anfangskapital K_1 .

$$K_1 = B \cdot B_f = B \cdot \left(\frac{[1+p]^n - 1}{p \cdot [1+p]^n}\right) \quad B_f = \text{Barwertfaktor (nach Tabelle 1.3.10, S. 16)}$$

Beispiel:

Jährliche Unterhaltsausgaben	B	=	Fr. 2'000.–
Zeitdauer der Massnahme (Nutzungszeit)	n	=	5 Jahre
Zinssatz	p	=	8 %
Barwertfaktor (B_f) nach Tabelle Seite 1.3.10, S. 16	B_f	=	3,9927

Rechnerisches Anfangskapital K_1 :

$$K_1 = \text{Fr. 2'000.–} \cdot 3,9927 = \text{Fr. 7'985.–}$$

Berücksichtigung der Teuerung

Teuerungsraten für Personalbedienungskosten und Energiemittelpreise führen zu jährlich unterschiedlichen Ausgaben, Kosteneinsparungen (Nutzen bzw. Erträge). Mittels der Barwertrechnung lassen sich diese Beträge auf den Gegenwartswert abzinsen.

Der Barwert des Ertrages bzw. Nutzens nach n Jahren errechnet sich bei einer gleichbleibenden Teuerung:

$$t = \left(\frac{t \text{ in } \%}{100} = \right) \text{ und einem gleichbleibenden Zinssatz } p: p = \left(\frac{p \text{ in } \%}{100} = \right).$$

$$E_n = n \cdot E_1 \cdot \frac{[1+t]^n}{[1+p]^n}$$

Beispiel:

Energieeinsparung jährlich gleichbleibend	E_1	=	Fr. 2'000.–
Energiemittelteuerung jährlich gleichbleibend	t	=	10 % = 0,1
Zinssatz jährlich gleichbleibend	p	=	7 % = 0,07
Zeitdauer der Massnahme (Nutzungsdauer)	n	=	10 Jahre

Barwert der Energiesparmassnahme:

$$E_n = 10 \cdot \text{Fr. 2'000.–} \cdot \frac{[1+0.10]^{10}}{[1+0.07]^{10}} = \text{Fr. 26'370.–}$$

Investitionskosten = Anfangskapital K = Fr. 22'000.–

$$\text{Gewinn} = E - K = \text{Fr. 26'370.–} - \text{Fr. 22'000.–} = \text{Fr. 4'370.–}$$

Wenn Summe der Barwerte gleich Investitionskosten, so wird die Grenze der Wirtschaftlichkeit erreicht.

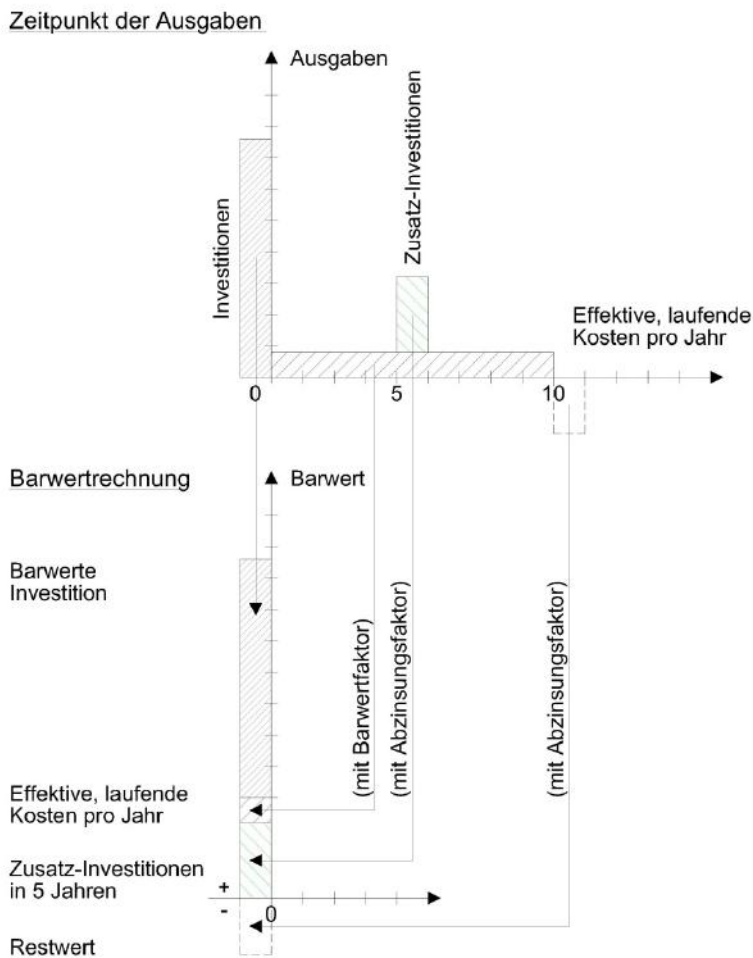
Vorteile:

- Wenn Alternativen mit zeitlich unregelmässigen Zukunftsausgaben und Zukunftseinnahmen zur Diskussion stehen.
- Wenn lange Nutzungsdauer (n) erwartet werden darf.

Nachteile:

- Durch «geschickte» Wahl der Energiepreise und Teuerungsraten lässt sich jedes beliebige finanzielle Resultat herstellen. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung wird dann zur Farce. Deshalb:
 - In einem ersten Schritt die Wirtschaftlichkeitsberechnung immer ohne Teuerung und aufgrund heutiger Energiemittelpreise und Kapitalzinssätze erstellen.
 - Alle getroffenen Annahmen transparent darstellen.
 - Erst in einem zweiten Schritt zeigen, wie sich die Berechnungen unter Annahme von Teuerungsraten verändern.

Grafiktitel einfügen



1.3.5 Dynamische Methoden – Annuitätenrechnung

Mittels dieser Rechenmethode kann eine einmalig anfallende Ausgabe (Investition) unter Zuhilfenahme der Zinsseszinsrechnung in gleich hohe jährliche Zukunftsausgaben (Annuität = Jahresrate) umgerechnet werden. Die Annuität beinhaltet eine Quote für die Kapitalverzinsung und einen Tilgungsanteil (Abschreibung). Die Addition der jährlichen Energiekosten (gegebenenfalls unter Berücksichtigung ihrer möglichen Entwicklung) und Betriebskosten (Annuitätenkosten und jährliche Unterhaltskosten usw.) ergibt die durchschnittlichen Jahreskosten. Dies ermöglicht die Beurteilung von Varianten, in denen sich die Investitionen durch unterschiedliche Nutzungsdauern unterscheiden.

Anwendung

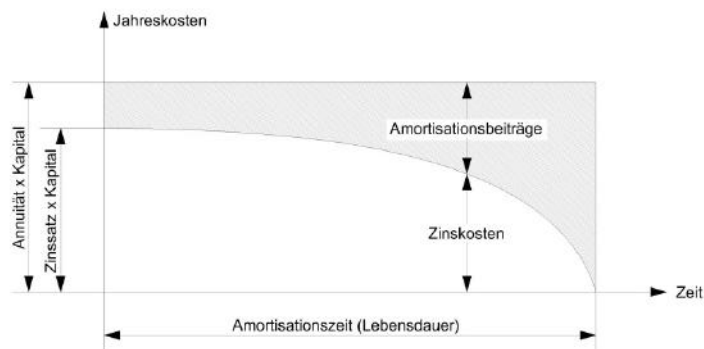
Die Anwendung erfolgt häufig in späteren Planungsphasen, wenn die Massnahmenpakete bereits ausgewählt sind. Die Methode ist nur bei regelmässig anfallenden Zukunftsausgaben anwendbar. Unregelmässig anfallende Zukunftsausgaben sind zuerst mit Hilfe der Barwertmethode abzuzinsen und erst danach kann die Annuität der abgezinsten Beträge ermittelt werden.

Annuitätenfaktor (Kapitalwiedergewinnungsfaktor) a_n ohne Berücksichtigung von Energiemittelpreisänderungen

$$G_a = E_1 - (K \cdot a_n + U_k)$$

G_a = Gewinn pro Jahr
 K = Kosten, Investitionskapital
 a_n = Annuitätenfaktor nach Tabelle 1.3.11, S. 17
 U_k = Unterhaltskosten, jährliche

Grafiktitel einfügen



Die Annuität als Summe der Zinskosten und Amortisationskosten (Zinskosten + Amortisationsbeiträge) über die Amortisationszeit verteilt. Zu Beginn der Abzahlung werden die Amortisationsbeiträge auf ein Minimum beschränkt und nur die Zinskosten voll verrechnet.

Beispiel 1:

Ersatz Wassererwärmer (Investition)	K_1 = Fr. 3'000.–
Nutzungsdauer (n) nach Tabelle 1.3.7, S. 13	n = 17 Jahre
Energiekosteneinsparung im 1. Jahr	E_1 = Fr. 400.–
Zinssatz	p = 5 %
Unterhaltskosten, jährliche	U_k = hier vernachlässigbar
Annuitätenfaktor (a_n) nach Tabelle 1.3.11, S. 17	a_n = 8,87 % = 0,0887

Gewinn: G_a = Fr. 400.– – (Fr. 3'000.– • 0,0887) = Fr. 133.90 pro Jahr

Beispiel 2:

Sonnenkollektoren (Investition)	$K_1 =$	Fr. 3'500.–
Nutzungsdauer (n) nach Tabelle 1.3.7, S. 13	$n =$	12 Jahre
Zinssatz	$p =$	6 %
Annuitätenfaktor (a_n) nach Tabelle 1.3.11, S. 17	$a_n =$	11,93 % = 0,1193
Amortisationskosten: $K_a = K \cdot a_n =$ Fr. 3'500.– • 0,1193 = Fr. 417.60 pro Jahr		

Amortisationszeit

$$a_n = \frac{E_1 \cdot 100}{K} \quad 100 = \text{Umrechnungsfaktor}$$

Beispiel

Wärmerückgewinnungsanlage Duschenabwasser	$K =$	Fr. 28'000.–
Energieeinsparung	$E_1 =$	Fr. 2'030.– pro Jahr
Zinssatz	$p =$	5 %

$$a_n = \frac{\text{Fr.}2'030.- \cdot 100 \%}{\text{Fr.}28'000.-} = 7.25 \% = 0.0725$$

Weiteres Vorgehen: In der Annuitätentabelle 1.3.11, S. 17 wird bei 5% Kapitalzins (p) der Wert 0,0725 gesucht und auf der Waagrechten eine rechnerische Nutzungsdauer (n) von 24 Jahren herausgemittelt. In der Tabelle Nutzungsdauer (n) 1.3.7, S. 13 wird die mögliche Betriebsdauer für Wärmepumpen > 10 kW mit 10 Jahren angegeben.

Die Betriebsdauer ist viel kleiner als die rechnerische Nutzungsdauer, eine Amortisation nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht möglich. Es ist zu bedenken, dass nach der genannten Betriebsdauer nur Teile der Anlage ersetzt werden müssen. Im Weiteren wäre der umweltschonende Betrieb der Anlage gebührend zu würdigen.

Annuitätenfaktor (Kapitalwiedergewinnungsfaktor) mit Berücksichtigung von Energiemittelpreisänderungen (Teuerung)

Beispiel

Ersatz Wassererwärmer	$K =$	Fr. 4'000.–
Nutzungsdauer nach Tabelle 1.3.7, S. 13	$n =$	18 Jahre
Energieeinsparung 1. Jahr	$E_1 =$	Fr. 350.– pro Jahr
Energiemittelpreisteuerung, jährliche	$t =$	3 %
Zinssatz	$p =$	5 %
Mittelwertfaktor der Energiemittelpreisteuerung nach Tabelle 1.3.12, S. 18, mit $n = 18$ Jahre und $t = 3\%$	$\bar{t} =$	1,29 \bar{t}
Unterhaltskosten, jährliche	$U_K =$	Fr. 50.– pro Jahr
Annuitätenfaktor bei $p = 5\%$ und $n = 18$ Jahre	$a_n =$	8,55 % = 0,0855
$G_a = (\text{Fr. } 350.- \cdot 1,29) - (\text{Fr. } 4'000.- \cdot 0,0855 + \text{Fr. } 50.-) = \text{Fr. } 59.50 = \sim \text{Fr. } 60.- \text{ pro Jahr}$		

Im 1. ganzen Betriebsjahr ergibt sich:

$$G_a = (\text{Fr. } 350.- \cdot 1,03) - (\text{Fr. } 4'000.- \cdot 0,0855 + \text{Fr. } 0.00.-) = \text{Fr. } 18.50 = \sim \text{Fr. } 19.-$$

1.3.6 Dynamische Methoden – Interner Zinssatz und äquivalenter Energiemittelpreis

Interner Zinssatz

Bei dieser Rechenart wird der Kapitalzinssatz gesucht, bei dem der Gegenwartswert aller Einsparungen und Ausgaben Null ist. Die abgezinnten Einsparungen sind somit identisch mit den Investitionskosten. Man erhält dann die effektive Verzinsung des eingesetzten Kapitals. Mit Hilfe der Nutzungsdauer (n) und des Quotienten $\frac{K_1}{E_1} = N$ (Rückzahlfrist), der dem Barwertfaktor B_f entspricht, kann der Interne Zinssatz ermittelt werden.

Beispiel

Investitionskapital	$K_1 =$	Fr. 100'000.–
Energieeinsparung, jährliche	$E_1 =$	Fr. 27'740.–
Nutzungsdauer	$n =$	5 Jahre
Vorgabe des Bauherrn: Interner Zinssatz	$IZ >$	10 %
Quotient, der dem Barwertfaktor B_f entspricht	$\frac{K_1}{E_1} =$	3,605
Interner Zinssatz (IZ) nach Tabelle 1.3.13, S. 19	$=$	12 %

Der errechnete Interne Zinssatz 12 % liegt über dem verlangten Wert von 10 %, die Investition ist aus der Sicht des Bauherrn wirtschaftlich.

Äquivalenter Energiemittelpreis

Mit dieser Berechnungsart kann die Frage, bei welchem mittleren Energiemittelpreis eine Massnahme noch wirtschaftlich ist, beantwortet werden.

Aus $G_a = (E_1 \cdot F) - (K \cdot a_n + U_k)$ folgt, wenn $G_a = 0$, $(E_1 \cdot F) = (K \cdot a_n + U_k)$

$$\boxed{t_{aeq} = \frac{K \cdot a_n + U_k}{E_1}} \quad t_{aeq} = \bar{t} = \text{äquivalente Energiemittelpreisteuerung}$$

$$\boxed{P_{aeq} = t_{aeq} \cdot P_1} \quad \begin{array}{l} P_{aeq} = \text{Energiemittelpreis äquivalent} \\ t_{aeq} = \text{Energiemittelpreisteuerung äquivalent} \\ P_1 = \text{Energiemittelpreis bei Berechnung von } E_1 \end{array}$$

Ist P_{aeq} kleiner als der mittlere Energiemittelpreis $P = \bar{t} \cdot P_1$ über die Nutzungsdauer (n), so ist die Massnahme wirtschaftlich.

Beispiel:

Einbau einer Wärmepumpe, Mehrkosten	$K_1 = \text{Fr. } 5'000.-$
Energiekosteneinsparung im 1. Jahr	$E_1 = \text{Fr. } 700.-$
Energiemittelpreis je 100 kg	$P_1 = \text{Fr. } 50.-$
Nutzungsdauer	$n = 10 \text{ Jahre}$
Unterhaltskosten, jährliche, Mehrkosten	$U_k = \text{Fr. } 100.-$
Kapitalzinssatz	$p = 5,5 \%$
Energiemittelpreisteuerung, jährliche	$t = 3 \%$
Annuitätenfaktor bei $p = 6 \%$ und $n = 10 \text{ Jahre}$	$a_n = 13,27 \% = 0,1327$

$$t_{\text{aeq}} = \frac{\text{Fr. } 5'000.- \cdot 0,1327 + \text{Fr. } 100.-}{\text{Fr. } 700.-} = 1,091$$

$$P_{\text{aeq}} = 1,091 \cdot \text{Fr. } 50.- \text{ pro } 100 \text{ kg} = \text{Fr. } 54.50 \text{ pro } 100 \text{ kg}$$

Mittelwertfaktor der Energiemittelpreisteuerung
nach Tabelle 1.3.12, S. 18 mit $n = 10 \text{ Jahre}$ und $t = 3 \%$ $\bar{t} = 1,17$

$$P = \bar{t} \cdot P_1 = 1,17 \cdot \text{Fr. } 50.- \text{ pro } 100 \text{ kg} = \text{Fr. } 58.50 \text{ pro } 100 \text{ kg}$$

$P_{\text{aeq}} < P$, Fr. 54.50 < Fr. 58.50 pro 100 kg, die Massnahme ist wirtschaftlich!

1.3.7 Nutzungsdauer und Instandhaltung

Mit der Nutzungsdauer von Gebäudetechnikanlagen (und ihren Teilen) und dem Verzinsungssatz der Anlagekosten werden die Amortisationsfaktoren bzw. Amortisationskosten ermittelt.

Die Nutzungsdauer ist keine fixe Grösse, sondern ist von Fall zu Fall nach Ermessen festzulegen, und zwar je nach Qualität und Benutzungsbelastung der Produkte einerseits und je nach der Zeitspanne, innerhalb derer man die Anlage abzuschreiben wünscht.

Tabellentitel einfügen

Anlageteil	Nutzungsdauer Jahre(n)	Instandhaltung in % der Investitionen pro Jahr
1. Heizung/Lüftung		
Gasheizgeräte mit Brenner	15 – 18	2
Gasheizkessel mit schwitzwasserfreiem Betrieb	20	1
Gasgebläsebrenner	20	1
Gasgefeuerte Luftheizgeräte, Wohnbau	15 – 18	1,5
Spezialkessel Öl-Gas-Feuerung	18 – 20	1
Kessel für Thermoöl (nach DIN 4754)	15	3
Heizkörper, Wärmeverteilung	25	1,5
Fussbodenheizung	30	1,5
Fernwärmeverteilungen	30	2,0
Lüftungsanlagen	15	3,5
Wärmepumpen, elektrischer Betrieb kleiner 10 kW	8	5
grösser 10 kW	10	4
2. Sanitär		
<i>Verteiler, Pumpe, Armaturen, Garnituren</i>		
Pumpen Grundplatten Typ	18 – 20	2
Rohreinbau (Inline)	12 – 15	2
Armaturen	20	1,5
Auslaufarmaturen, gewöhnliche	20	
mechanische Mischer	15	
thermische Mischer	10	
Wärmetauscher für Wärmerückgewinnung	15	3
Wärmetauschersystem mit geschlossenem Wasserkreislauf	15	4
rotierender Wärmetauscher	15	5
Regelungen	10	3
Thermostatische Ventile	15	3
Wassernachbehandlungsanlage	15 – 18	4
keramische Apparate	25	
Isolierungen	20 – 25	1
Rohrleitungen Warmwasser, Heisswasser in Industrie	30 – 40	1
Kondensat	8 – 10	5
Garnituren Halter diverse	20	
Spiegelschränke	15	
Klosettsitze	5 – 15	
<i>Warmwasserversorgung</i>		
Durchfluss-Wassererwärmer	15 – 18	4
Speicher-Wassererwärmer kleiner 250 l	15 – 18	3
grösser 250 l	18 – 25	2
Sonnenkollektoren	8 – 12	

1.3.8 Rückzahlfrist N

In Jahren in Abhängigkeit der Teuerung der Energiemittel und dem Kapitalzinssatz

Differenz zwischen jährlicher Energiemittelpreisteuerung (+) und Kapitalzinssatz (Zinssatz) (-)

Rückzahlfrist N

$\frac{K}{E_1}$	-3 %	-2 %	-1 %	+0 %	+1 %	+2 %	+3 %	+4 %	+5 %	+6 %
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
3	3,2	3,1	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,7
4	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,7	3,6	3,5
5	5,5	5,3	5,1	5,0	4,9	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3
6	6,7	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,5	5,3	5,2	5,1
7	7,9	7,6	7,3	7,0	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	5,8
8	9,2	8,8	8,4	8,0	7,7	7,4	7,1	6,9	6,7	6,5
9	10,6	10,0	9,5	9,0	8,6	8,2	7,9	7,6	7,4	7,2
10	12,0	11,2	10,6	10,0	9,5	9,1	8,7	8,4	8,1	7,8
11	13,4	12,5	11,7	11,0	10,4	9,9	9,5	9,1	8,7	8,4
12	14,9	13,8	12,8	12,0	11,3	10,7	10,2	9,8	9,4	9,1
13	16,5	15,1	13,9	13,0	12,2	11,5	11,0	10,5	10,0	9,6
14	18,2	16,5	15,1	14,0	13,1	12,3	11,7	11,1	10,6	10,2
15	19,9	17,9	16,3	15,0	14,0	13,1	12,4	11,8	11,2	10,8
16	21,8	19,3	17,4	16,0	14,8	13,9	13,1	12,4	11,8	11,3
17	23,7	20,8	18,6	17,0	15,7	14,6	13,8	13,0	12,3	11,8
18	25,8	22,4	19,8	18,0	16,6	15,4	14,4	13,6	12,9	12,3
19	27,9	23,9	21,1	19,0	17,4	16,1	15,1	14,2	13,4	12,8
20	30,2	25,6	22,3	20,0	18,2	16,9	15,7	14,8	13,9	13,3
21	32,7	27,2	23,5	21,0	19,1	17,6	16,3	15,3	14,4	13,8
22	35,4	29,0	24,8	22,0	19,9	18,3	17,0	15,9	14,9	14,2
23	38,3	30,8	26,1	23,0	20,7	19,0	17,6	16,4	15,4	14,7
24	41,4	32,6	27,4	24,0	21,6	19,7	18,2	16,9	15,9	15,1
25	44,9	34,5	28,7	25,0	22,4	20,4	18,8	17,5	16,4	15,5
26	48,7	36,5	30,0	26,0	23,2	21,0	19,3	18,0	16,8	15,9
27	53,1	38,6	31,4	27,0	24,0	21,7	19,9	18,5	17,3	16,4
28	58,0	40,8	32,7	28,0	24,8	22,3	20,5	19,0	17,7	16,8
29	63,7	43,1	34,1	29,0	25,5	23,0	21,0	19,4	18,1	17,1
30	70,5	45,4	35,5	30,0	26,3	23,6	21,6	19,9	18,6	17,5

Je nach Grundlagenwerten von Zinssatz und Energiemittelteuerung können Abweichungen auftreten.

N = Rückzahlfrist [Jahre]

K = Investitionskapital [Franken]

E_1 = Ertrag im 1. Jahr [Franken]

$P = \frac{\text{Kapitalzins in \%}}{100} + 1$ [einheitenlos]

$P = \frac{\text{Teuerung pro Jahr in \%}}{100} + 1$ [einheitenlos]

$$N = \frac{\ln\left(\frac{K}{E_1} \cdot \left[1 - \frac{P}{T}\right] + 1\right)}{\ln \frac{T}{P}}$$

1.3.9 Abzinsungsfaktor A_F

Abzinsungsfaktor A_F

Nutzungsdauer n Jahre	Kapitalzins in %										
	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
1	0,9615	0,9569	0,9524	0,9479	0,9434	0,9390	0,9346	0,9302	0,9259	0,9217	0,9174
2	0,9246	0,9157	0,9070	0,8985	0,8900	0,8817	0,8734	0,8653	0,8573	0,8495	0,8417
3	0,8990	0,8763	0,8638	0,8516	0,8396	0,8278	0,8163	0,8050	0,7938	0,7829	0,7722
4	0,8548	0,8386	0,8227	0,8072	0,7921	0,7773	0,7629	0,7488	0,7350	0,7216	0,7084
5	0,8219	0,8025	0,7835	0,7651	0,7473	0,7299	0,7130	0,6966	0,6806	0,6650	0,6499
6	0,7903	0,7679	0,7462	0,7252	0,7050	0,6853	0,6663	0,6480	0,6302	0,6129	0,5963
7	0,7599	0,7348	0,7107	0,6874	0,6651	0,6435	0,6227	0,6028	0,5835	0,5649	0,5470
8	0,7307	0,7032	0,6768	0,6516	0,6274	0,6042	0,5820	0,5607	0,5401	0,5207	0,5019
9	0,7026	0,6729	0,6446	0,6176	0,5919	0,5674	0,5439	0,5216	0,5002	0,4799	0,4604
10	0,6756	0,6439	0,6139	0,5854	0,5584	0,5327	0,5083	0,4852	0,4632	0,4423	0,4224
11	0,6496	0,6162	0,5847	0,5549	0,5268	0,5002	0,4751	0,4513	0,4289	0,4076	0,3875
12	0,6246	0,5897	0,5568	0,5260	0,4970	0,4697	0,4440	0,4199	0,3971	0,3757	0,3555
13	0,6006	0,5643	0,5303	0,4986	0,4688	0,4410	0,4150	0,3906	0,3677	0,3463	0,3262
14	0,5775	0,5400	0,5051	0,4726	0,4423	0,4141	0,3878	0,3633	0,3405	0,3191	0,2992
15	0,5553	0,5167	0,4810	0,4479	0,4173	0,3888	0,3624	0,3380	0,3152	0,2941	0,2745
16	0,5339	0,4945	0,4581	0,4246	0,3936	0,3651	0,3387	0,3144	0,2919	0,2711	0,2519
17	0,5134	0,4732	0,4363	0,4024	0,3714	0,3428	0,3166	0,2925	0,2703	0,2499	0,2311
18	0,4936	0,4528	0,4155	0,3815	0,3503	0,3219	0,2959	0,2720	0,2502	0,2303	0,2120
19	0,4746	0,4333	0,3957	0,3616	0,3305	0,3022	0,2765	0,2531	0,2317	0,2122	0,1945
20	0,4564	0,4146	0,3769	0,3427	0,3118	0,2838	0,2584	0,2354	0,2145	0,1956	0,1784
21	0,4388	0,3968	0,3589	0,3249	0,2942	0,2665	0,2415	0,2190	0,1987	0,1803	0,1637
22	0,4220	0,3797	0,3418	0,3079	0,2775	0,2502	0,2257	0,2037	0,1839	0,1662	0,1502
23	0,4057	0,3634	0,3256	0,2919	0,2618	0,2349	0,2109	0,1895	0,1703	0,1532	0,1378
24	0,3901	0,3477	0,3101	0,2767	0,2470	0,2206	0,1972	0,1763	0,1577	0,1412	0,1264
25	0,3751	0,3327	0,2953	0,2622	0,2330	0,2071	0,1842	0,1640	0,1460	0,1301	0,1160
26	0,3607	0,3184	0,2812	0,2486	0,2198	0,1945	0,1722	0,1525	0,1352	0,1199	0,1064
27	0,3468	0,3047	0,2678	0,2356	0,2074	0,1826	0,1609	0,1419	0,1252	0,1105	0,0976
28	0,3335	0,2916	0,2551	0,2233	0,1956	0,1715	0,1504	0,1320	0,1159	0,1019	0,0895
29	0,3207	0,2790	0,2429	0,2117	0,1846	0,1610	0,1406	0,1228	0,1073	0,0939	0,0822
30	0,3083	0,2670	0,2314	0,2006	0,1741	0,1512	0,1314	0,1142	0,0994	0,0865	0,0754
31	0,2965	0,2555	0,2204	0,1902	0,1643	0,1420	0,1228	0,1063	0,0920	0,0797	0,0692
32	0,2851	0,2445	0,2099	0,1803	0,1550	0,1333	0,1147	0,0988	0,0852	0,0735	0,0634
33	0,2741	0,2340	0,1999	0,1709	0,1462	0,1252	0,1072	0,0919	0,0789	0,0677	0,0582
34	0,2636	0,2239	0,1904	0,1620	0,1379	0,1175	0,1002	0,0855	0,0730	0,0624	0,0534
35	0,2534	0,2134	0,1813	0,1535	0,1301	0,1103	0,0937	0,0796	0,0676	0,0575	0,0490
40	0,2083	0,1719	0,1420	0,1175	0,0972	0,0805	0,0668	0,0554	0,0460	0,0383	0,0318
45	0,1712	0,1380	0,1113	0,0899	0,0727	0,0588	0,0476	0,0386	0,0313	0,0254	0,0207
50	0,1407	0,1107	0,0872	0,0688	0,0543	0,0429	0,0339	0,0269	0,0213	0,0169	0,0134
55	0,1157	0,0888	0,0683	0,0526	0,0406	0,0313	0,0242	0,0187	0,0145	0,0113	0,0087
60	0,0951	0,0713	0,0535	0,0403	0,0303	0,0239	0,0173	0,0130	0,0099	0,0075	0,0057

A_F = Abzinsungsfaktor [einheitenlos]

$p = \frac{\text{Kapitalzins in \%}}{100}$ [einheitenlos]

n = Nutzungsdauer [Jahre]
(Zeitdauer bis zum Ersatz)

$P = \frac{\text{Kapitalzins in \%}}{100} + 1$ [einheitenlos]

$$A_F = \frac{1}{(1 + p)^n} = \frac{1}{P^n}$$

1.3.10 Barwertfaktor (Diskontierungsfaktor) B_F

Barwertfaktor (Diskontierungsfaktor) B_F

Nutzungsdauer n Jahre	Kapitalzins in %										
	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
1	0,9615	0,9569	0,9524	0,9479	0,9434	0,9390	0,9346	0,9302	0,9259	0,9217	0,9174
2	1,8861	1,8727	1,8594	1,8463	1,8334	1,8206	1,8080	1,7956	1,7833	1,7711	1,7591
3	2,7751	2,7490	2,7232	2,6979	2,6730	2,6485	2,6243	2,6005	2,5771	2,5540	2,5313
4	3,6299	3,5875	3,5460	3,5052	3,4651	3,4258	3,3872	3,3493	3,3121	3,2756	3,2397
5	4,4518	4,3900	4,3295	4,2703	4,2124	4,1557	4,1002	4,0459	3,9927	3,9406	3,8897
6	5,2421	5,1579	5,0757	4,9955	4,9173	4,8410	4,7665	4,6938	4,6229	4,5536	4,4859
7	6,0021	5,8927	5,7864	5,6830	5,5824	5,4845	5,3893	5,2966	5,2064	5,1185	5,0330
8	6,7327	6,5959	6,4632	6,3346	6,2098	6,0888	5,9713	5,8573	5,7466	5,6392	5,5348
9	7,4353	7,2688	7,1078	6,9522	6,8017	6,6561	6,5152	6,3789	6,2469	6,1191	5,9952
10	8,1109	7,9127	7,7217	7,5376	7,3601	7,1888	7,0236	6,8641	6,7101	6,5613	6,4177
11	8,7665	8,5289	8,3064	8,0925	7,8869	7,6890	7,4987	7,3154	7,1390	6,9690	6,8052
12	9,3851	9,1186	8,8633	8,6185	8,3838	8,1587	7,9427	7,7353	7,5361	7,3447	7,1607
13	9,9856	9,6829	9,3936	9,1171	8,8527	8,5997	8,3577	8,1258	7,9038	7,6910	7,4869
14	10,5631	10,2228	9,8986	9,5896	9,2950	9,0138	8,7455	8,4892	8,2442	8,0101	7,7862
15	11,1184	10,7395	10,3797	10,0376	9,7122	9,4027	9,1079	8,8271	8,5595	8,3042	8,0607
16	11,6523	11,2340	10,8378	10,4622	10,1059	9,7678	9,4466	9,1415	8,8514	8,5753	8,3126
17	12,1657	11,7072	11,2741	10,8646	10,4773	10,1106	9,7632	9,4340	9,1216	8,8252	8,5436
18	12,6593	12,1600	11,6896	11,2461	10,8276	10,4325	10,0591	9,7060	9,3719	9,0555	8,7556
19	13,1339	12,5933	12,0853	11,6077	11,1581	10,7347	10,3356	9,9591	9,6036	9,2677	8,9501
20	13,5903	13,0079	12,4622	11,9504	11,4699	11,0185	10,5940	10,1945	9,8181	9,4633	9,1285
21	14,0292	13,4047	12,8212	12,2752	11,7641	11,2850	10,8355	10,4135	10,0168	9,6436	9,2922
22	14,4511	13,7844	13,1630	12,5832	12,0416	11,5352	11,0612	10,6172	10,2007	9,8098	9,4424
23	14,8568	14,1478	13,4886	12,8750	12,3034	11,7701	11,2722	10,8067	10,3711	9,9629	9,5802
24	15,2470	14,4955	13,7986	13,1517	12,5504	11,9907	11,4693	10,9830	10,5288	10,1041	9,7066
25	15,6221	14,8282	14,0939	13,4139	12,7834	12,1979	11,6536	11,1469	10,6748	10,2342	9,8226
26	15,9828	15,1466	14,3752	13,6625	13,0032	12,3924	11,8258	11,2995	10,8100	10,3541	9,9290
27	16,3296	15,4513	14,6430	13,8981	13,2105	12,5750	11,9867	11,4414	10,9352	10,4646	10,0266
28	16,6631	15,7429	14,8981	14,1214	13,4062	12,7465	12,1371	11,5734	11,0511	10,5665	10,1161
29	16,9837	16,0219	15,1411	14,3331	13,5907	12,9075	12,2777	11,6962	11,1584	10,6603	10,1983
30	17,2920	16,2889	15,3725	14,5337	13,7648	13,0587	12,4090	11,8104	11,2578	10,7468	10,2737
31	17,5885	16,5444	15,5928	14,7239	13,9291	13,2006	12,5318	11,9168	11,3498	10,8266	10,3428
32	17,8736	16,7889	15,8027	14,9042	14,0840	13,3339	12,6466	12,0155	11,4350	10,9001	10,4062
33	18,1476	17,0229	16,0025	15,0751	14,2302	13,4591	12,7538	12,1074	11,5139	10,9678	10,4644
34	18,4112	17,2468	16,1929	15,2370	14,3681	13,5766	12,8540	12,1929	11,5869	11,0302	10,5178
35	18,6646	17,4610	16,3742	15,3906	14,4982	13,6870	12,9477	12,2725	11,6546	11,0878	10,5668
40	19,7928	18,4016	17,1591	16,0461	15,0463	14,1455	13,3317	12,5944	11,9246	11,3145	10,7574
45	20,7200	19,1563	17,7741	16,5477	15,4558	14,4802	13,6055	12,8186	12,1084	11,4653	10,8812
50	21,4822	19,7620	18,2559	16,9315	15,7619	14,7245	13,8007	12,9748	12,2335	11,5656	10,9617
55	22,1086	20,2460	18,6335	17,2252	15,9905	14,9028	13,9399	13,0836	12,3186	11,6323	11,0140
60	22,6235	20,6380	18,9293	17,4499	16,1614	15,0330	14,0392	13,1594	12,3766	11,6766	11,0480

B_F = Barwertfaktor [einheitenlos]

$p = \frac{\text{Kapitalzins in \%}}{100}$ [einheitenlos]

n = Nutzungsdauer [Jahre]
(Zeiddauer bis zum Ersatz)

$P = \frac{\text{Kapitalzins in \%}}{100} + 1$ [einheitenlos]

$$B_F = \frac{(1+p)^n - 1}{p \cdot (1+p)^n} = \frac{P^n - 1}{p \cdot P^n}$$

1.3.11 Annuitätenfaktor (Kapitalgewinnungsfaktor) a_n

Annuitätenfaktor (Kapitalgewinnungsfaktor) a_n

Nutzungsdauer n Jahre	Kapitalzins in %										
	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
1	1,04	1,045	1,05	1,055	1,06	1,065	1,07	1,075	1,08	1,085	1,09
2	0,5302	0,5340	0,5378	0,5416	0,5454	0,5493	0,5531	0,5569	0,5608	0,5646	0,5685
3	0,3603	0,3638	0,3672	0,3707	0,3741	0,3776	0,3811	0,3845	0,3880	0,3915	0,3951
4	0,2755	0,2787	0,2820	0,2853	0,2886	0,2919	0,2952	0,2986	0,3019	0,3053	0,3087
5	0,2246	0,2278	0,2310	0,2342	0,2374	0,2406	0,2439	0,2472	0,2505	0,2538	0,2571
6	0,1908	0,1939	0,1970	0,2002	0,2034	0,2066	0,2098	0,2130	0,2163	0,2196	0,2229
7	0,1666	0,1697	0,1728	0,1760	0,1791	0,1823	0,1856	0,1888	0,1921	0,1954	0,1987
8	0,1485	0,1516	0,1547	0,1579	0,1610	0,1642	0,1675	0,1707	0,1740	0,1773	0,1807
9	0,1345	0,1376	0,1407	0,1438	0,1470	0,1502	0,1535	0,1568	0,1601	0,1634	0,1668
10	0,1233	0,1264	0,1295	0,1327	0,1359	0,1391	0,1424	0,1457	0,1490	0,1524	0,1558
11	0,1141	0,1172	0,1204	0,1236	0,1268	0,1301	0,1334	0,1367	0,1401	0,1435	0,1469
12	0,1066	0,1097	0,1128	0,1160	0,1193	0,1226	0,1259	0,1293	0,1327	0,1362	0,1397
13	0,1001	0,1033	0,1065	0,1097	0,1130	0,1163	0,1197	0,1231	0,1265	0,1300	0,1336
14	0,0947	0,0978	0,1010	0,1043	0,1076	0,1109	0,1143	0,1178	0,1213	0,1248	0,1284
15	0,0899	0,0931	0,0963	0,0996	0,1030	0,1064	0,1098	0,1133	0,1168	0,1204	0,1241
16	0,0858	0,0890	0,0923	0,0956	0,0990	0,1024	0,1059	0,1094	0,1130	0,1166	0,1203
17	0,0822	0,0854	0,0887	0,0920	0,0954	0,0989	0,1024	0,1060	0,1096	0,1133	0,1170
18	0,0790	0,0822	0,0855	0,0889	0,0924	0,0959	0,0994	0,1030	0,1067	0,1104	0,1142
19	0,0761	0,0794	0,0827	0,0862	0,0896	0,0932	0,0968	0,1004	0,1041	0,1079	0,1117
20	0,0736	0,0769	0,0802	0,0837	0,0872	0,0908	0,0944	0,0981	0,1019	0,1057	0,1095
21	0,0713	0,0746	0,0780	0,0815	0,0850	0,0886	0,0923	0,0960	0,0998	0,1037	0,1076
22	0,0692	0,0725	0,0760	0,0795	0,0830	0,0867	0,0904	0,0942	0,0980	0,1019	0,1059
23	0,0673	0,0707	0,0741	0,0777	0,0813	0,0850	0,0887	0,0925	0,0964	0,1004	0,1044
24	0,0656	0,0690	0,0725	0,0760	0,0797	0,0834	0,0872	0,0911	0,0950	0,0990	0,1030
25	0,0640	0,0674	0,0710	0,0745	0,0782	0,0820	0,0858	0,0897	0,0937	0,0977	0,1018
26	0,0626	0,0660	0,0696	0,0732	0,0769	0,0807	0,0846	0,0885	0,0925	0,0966	0,1007
27	0,0612	0,0647	0,0683	0,0720	0,0757	0,0795	0,0834	0,0874	0,0914	0,0956	0,0997
28	0,0600	0,0635	0,0671	0,0708	0,0746	0,0785	0,0824	0,0864	0,0905	0,0946	0,0989
29	0,0589	0,0624	0,0660	0,0698	0,0736	0,0775	0,0814	0,0855	0,0896	0,0938	0,0981
30	0,0578	0,0614	0,0651	0,0688	0,0726	0,0766	0,0806	0,0847	0,0888	0,0931	0,0973
31	0,0509	0,0604	0,0641	0,0679	0,0718	0,0758	0,0798	0,0839	0,0881	0,0924	0,0967
32	0,0559	0,0596	0,0633	0,0671	0,0710	0,0750	0,0791	0,0832	0,0875	0,0917	0,0961
33	0,0551	0,0587	0,0625	0,0663	0,0703	0,0743	0,0784	0,0826	0,0869	0,0912	0,0956
34	0,0543	0,0580	0,0618	0,0656	0,0696	0,0737	0,0778	0,0820	0,0863	0,0907	0,0951
35	0,0536	0,0573	0,0611	0,0650	0,0690	0,0731	0,0772	0,0815	0,0858	0,0902	0,0946
40	0,0505	0,0543	0,0583	0,0623	0,0665	0,0707	0,0750	0,0794	0,0839	0,0884	0,0930
45	0,0483	0,0522	0,0563	0,0604	0,0647	0,0691	0,0735	0,0780	0,0826	0,0872	0,0919
50	0,0466	0,0506	0,0548	0,0591	0,0634	0,0679	0,0725	0,0771	0,0817	0,0865	0,0912
55	0,0452	0,0494	0,0537	0,0581	0,0625	0,0671	0,0717	0,0764	0,0812	0,0850	0,0908
60	0,0442	0,0485	0,0528	0,0573	0,0619	0,0665	0,0712	0,0760	0,0808	0,0856	0,0905

a_n = Annuitätenfaktor [einheitenlos]

$$a_n = \frac{p}{1 - \frac{1}{(1+p)^n}} = \frac{p}{1 - \frac{1}{P^n}}$$

$p = \frac{\text{Kapitalzins in \%}}{100}$ [einheitenlos]

n = Nutzungsdauer [Jahre]
(Zeitdauer bis zum Ersatz)

$P = \frac{\text{Kapitalzins in \%}}{100} + 1$ [einheitenlos]

1.3.12 Mittelwertfaktor \bar{t}

der durchschnittlichen Energiemittelpreisteuerung für jährlich gleichmässig ansteigende, nachschüssige Zahlungen.

Mittelwertfaktor \bar{t}

Nutzungsdauer n Jahre	Jährliche Energiemittelpreisteuerung \bar{t} in %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,06	1,09	1,10
2	1,01	1,03	1,05	1,06	1,08	1,09	1,11	1,12	1,14	1,15
3	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,17	1,19	1,21
4	1,02	1,05	1,08	1,10	1,13	1,16	1,18	1,21	1,24	1,27
5	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,26	1,29	1,33
6	1,03	1,07	1,11	1,14	1,18	1,22	1,26	1,31	1,35	1,40
7	1,04	1,08	1,12	1,16	1,21	1,26	1,31	1,36	1,41	1,46
8	1,04	1,09	1,14	1,19	1,24	1,29	1,35	1,41	1,47	1,53
9	1,05	1,10	1,15	1,21	1,27	1,33	1,39	1,46	1,53	1,61
10	1,05	1,11	1,17	1,23	1,30	1,36	1,44	1,52	1,60	1,69
11	1,06	1,12	1,18	1,25	1,32	1,40	1,49	1,57	1,67	1,77
12	1,06	1,13	1,20	1,27	1,35	1,44	1,53	1,63	1,74	1,86
13	1,07	1,14	1,21	1,30	1,38	1,48	1,58	1,69	1,82	1,95
14	1,07	1,15	1,23	1,32	1,41	1,52	1,60	1,76	1,89	2,04
15	1,07	1,16	1,24	1,34	1,44	1,56	1,69	1,82	1,97	2,14
16	1,08	1,16	1,26	1,36	1,48	1,60	1,74	1,89	2,06	2,24
17	1,08	1,17	1,27	1,38	1,51	1,64	1,79	1,96	2,15	2,35
18	1,09	1,18	1,29	1,41	1,54	1,69	1,85	2,03	2,24	2,47
19	1,09	1,19	1,30	1,43	1,57	1,73	1,91	2,11	2,33	2,59
20	1,09	1,20	1,32	1,45	1,60	1,78	1,97	2,19	2,43	2,71
21	1,10	1,21	1,33	1,48	1,64	1,82	2,03	2,27	2,53	2,84
22	1,10	1,22	1,35	1,50	1,67	1,87	2,09	2,35	2,64	2,98
23	1,11	1,23	1,36	1,52	1,70	1,91	2,16	2,43	2,75	3,12
24	1,11	1,24	1,38	1,55	1,74	1,96	2,22	2,52	2,87	3,27
25	1,11	1,24	1,39	1,57	1,78	2,01	2,29	2,61	2,99	3,43
26	1,12	1,25	1,41	1,59	1,81	2,06	2,36	2,71	3,12	3,60
27	1,12	1,26	1,42	1,62	1,84	2,11	2,43	2,80	3,25	3,77
28	1,12	1,27	1,44	1,64	1,88	2,16	2,50	2,90	3,38	3,96
29	1,13	1,28	1,45	1,66	1,92	2,21	2,57	3,00	3,52	4,15
30	1,13	1,28	1,47	1,69	1,95	2,27	2,65	3,11	3,67	4,35

Basis: Kapitalzinssatz = 5 %. Bei Zinssätzen von 4 bzw. 6 % sind die ausgewiesenen Mittelwertfaktoren bis 30 Jahre, bei 7 % bis 20 Jahre hinreichend genau.

$$\bar{t} = \frac{T}{P} \cdot \frac{\left(\frac{T}{P}\right)^n - 1}{\frac{T}{P} - 1} \cdot \frac{P - 1}{1 - \frac{1}{P^n}}$$

\bar{t} = Mittelwertfaktor [einheitenlos]

n = Nutzungsdauer [Jahre]

$P = \frac{\text{Kapitalzins in \%}}{100} + 1$ [einheitenlos]

$T = \frac{\text{Teuerung pro Jahr in \%}}{100} + 1$ [einheitenlos]

Beispiel: p = 5 %
T = 8 %
N = 20 Jahre
 \bar{t} = 2,19 %

1.3.13 Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Interner Zinssatz

Nutzungsdauer n Jahre	interner Zinssatz IZ in %																	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.971	0.962	0.952	0.943	0.835	0.926	0.917	0.909	0.901	0.893	0.885	0.877	0.870	0.862	0.855	0.847	0.840	0.833
2	1.913	1.886	1.859	1.833	1.808	1.783	1.759	1.736	1.713	1.690	1.668	1.647	1.626	1.605	1.585	1.566	1.547	1.528
3	2.829	2.775	2.723	2.673	2.624	2.577	2.531	2.487	2.444	2.402	2.361	2.322	2.283	2.246	2.210	2.174	2.140	2.106
4	3.717	3.630	3.546	3.465	3.387	3.312	3.240	3.170	3.102	3.037	2.974	2.914	2.855	2.798	2.743	2.690	2.639	2.589
5	4.580	4.452	4.329	4.212	4.100	3.993	3.890	3.791	3.696	3.605	3.517	3.433	3.352	3.274	3.199	3.127	3.058	2.991
6	5.417	5.242	5.076	4.917	4.767	4.623	4.486	4.355	4.231	4.111	3.996	3.889	3.784	3.685	3.589	3.498	3.410	3.326
7	6.230	6.002	5.786	5.582	5.389	5.206	5.033	4.868	4.712	4.564	4.423	4.288	4.160	4.039	3.922	3.812	3.706	3.605
8	7.020	6.733	6.463	6.210	5.871	5.747	5.535	5.335	5.146	4.968	4.799	4.539	4.487	4.344	4.207	4.078	3.954	3.837
9	7.786	7.435	7.108	6.802	6.515	6.247	5.995	5.759	5.537	5.328	5.132	4.946	4.772	4.607	4.451	4.303	4.163	4.031
10	8.530	8.111	7.722	7.360	7.024	6.710	6.418	6.145	5.889	5.650	5.426	5.216	5.019	4.833	4.659	4.494	4.339	4.192
11	9.253	8.760	8.306	7.887	7.499	7.139	6.805	6.495	6.207	5.938	5.687	5.453	5.234	5.029	4.836	4.656	4.486	4.327
12	9.954	9.385	8.863	8.384	7.943	7.536	7.161	6.814	6.492	6.194	5.918	5.660	5.421	5.197	4.988	4.793	4.611	4.439
13	10.635	9.986	9.394	8.853	8.358	7.904	7.487	7.103	6.750	6.424	6.122	5.842	5.583	5.342	5.118	4.910	4.715	4.533
14	11.296	10.563	9.899	9.295	8.745	8.244	7.786	7.367	6.982	6.628	6.302	6.002	5.724	5.468	5.229	5.008	4.802	4.611
15	11.938	11.118	10.380	9.712	9.106	8.559	8.061	7.606	7.191	6.811	6.462	6.142	5.847	5.575	5.324	5.092	4.875	4.675
16	12.561	11.652	10.838	10.106	9.447	8.851	8.313	7.824	7.379	6.974	6.604	6.265	5.954	5.668	5.405	5.162	4.938	4.730
17	13.166	12.166	11.274	10.477	9.763	9.122	8.544	8.022	7.549	7.120	6.729	6.373	6.047	5.749	5.475	5.222	4.990	4.775
18	13.754	12.659	11.690	10.828	10.059	9.372	8.756	8.201	7.702	7.250	6.840	6.467	6.128	5.818	5.534	5.273	5.033	4.812
19	14.324	13.134	12.085	11.158	10.336	9.604	8.950	8.365	7.839	7.366	6.934	6.550	6.198	5.877	5.584	5.316	5.070	4.843
20	14.877	13.590	12.462	11.470	10.594	9.818	9.129	8.514	7.963	7.469	7.025	6.623	6.259	5.929	5.628	5.353	5.101	4.870
21	15.415	14.029	12.821	11.764	10.833	10.017	9.292	8.649	8.075	7.562	7.102	6.687	6.312	5.973	5.665	5.384	5.127	4.891
22	15.937	14.451	13.163	12.042	11.061	10.201	9.442	8.772	8.176	7.645	7.120	6.743	6.359	6.011	5.696	5.410	5.149	4.909
23	16.444	14.857	13.489	12.303	11.272	10.371	9.580	8.883	8.266	7.718	7.230	6.792	6.399	6.044	5.723	5.432	5.167	4.925
24	16.936	15.247	13.799	12.550	11.469	10.529	9.707	8.985	8.348	7.784	7.283	6.835	6.434	6.073	5.746	5.451	5.182	4.937
25	17.413	15.622	14.094	12.783	11.654	10.675	9.823	9.077	8.422	7.843	7.330	6.873	6.464	6.097	5.766	5.467	5.195	4.948
26	17.877	15.983	14.375	13.003	11.826	10.810	9.929	9.161	8.488	7.896	7.372	6.906	6.491	6.118	5.783	5.480	5.206	4.956
27	18.327	16.330	14.643	13.211	11.987	10.935	10.027	9.237	8.548	7.943	7.409	6.935	6.514	6.136	5.796	5.492	5.215	4.964
28	18.764	16.663	14.898	13.406	12.137	11.051	10.116	9.307	8.602	7.984	7.441	6.961	6.534	6.152	5.810	5.502	5.223	4.970
29	19.188	16.984	15.141	13.591	12.278	11.158	10.198	9.370	8.650	8.022	7.470	6.963	6.551	6.166	5.820	5.510	5.229	4.975
30	19.600	17.292	15.372	13.765	12.400	11.258	10.274	9.427	8.694	8.055	7.486	7.003	6.566	6.177	5.829	5.517	5.235	4.979

Gilt für Energiemittelpreise

IZ = interner Zinssatz für Berechnungsformel = $\frac{\text{IZ in \%}}{100}$ [einheitenlos]

$$\frac{K}{E_1} = \frac{1 - \left(\frac{1}{1 + \text{IZ}}\right)^n}{\text{IZ}}$$

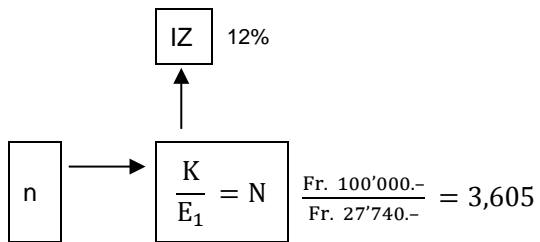
n = Nutzungsdauer [Jahre]

K = Investitionskapital [Franken]

E₁ = Ertrag im 1. Jahr [Franken]

N = Rückzahlfrist [Jahre]

Ablesebeispiel:



5 Jahre

Merksatz: Interner Zinssatz > Kapitalzins = wirtschaftlich