

Jörn Krimmling

# Wirtschaftlichkeits- bewertung verstehen und anwenden

Für Architekten, Ingenieure,  
Energieberater und Facility Manager

**EBOOK INSIDE**

 Springer Vieweg

---

# Wirtschaftlichkeitsbewertung verstehen und anwenden

---

Jörn Krimmling

# Wirtschaftlichkeits- bewertung verstehen und anwenden

Für Architekten, Ingenieure,  
Energieberater und Facility Manager

Jörn Krimmling  
Fakultät Bauingenieurwesen/Architektur  
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden  
Dresden, Deutschland

ISBN 978-3-658-19215-0      ISBN 978-3-658-19216-7 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-19216-7>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Karina Danulat

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

---

# Was Sie in diesem Buch erwartet

Akteure der Baubranche kommen heute am Thema Wirtschaftlichkeit nicht mehr vorbei. Ob Architekt, Bauingenieur, Haustechnikplaner, Energieberater oder Facility Manager – alle müssen ihren Kunden darlegen können, welche im jeweiligen Projekt die wirtschaftlichste Variante ist. Und sie sollten ihre Aussage sicher begründen können. Dazu muss man die einzelnen Verfahren methodisch richtig anwenden können und das Prinzip der Wirtschaftlichkeitsbewertung verstanden haben. Beide Voraussetzungen kann man mit dem vorliegenden Buch erlangen.

Ausgehend von den beiden Zielstellungen wurde das Buch in drei Teile gegliedert:

## Teil I Praktischer Teil

- Projektvorbereitung
- Bewertungsverfahren
- Herangehensweise
- Praxisbeispiele

## Teil II Theoretischer Teil

- Was bedeutet der Begriff „Wirtschaftlichkeit“?
- Herleitung und Aussage der Bewertungsverfahren
- Lebenszykluskosten

## Teil III Energetische Grundlagen

- Energieumwandlungskette
- Heizwärme- und Heizenergiebedarf
- Effizienzkennzahlen

Es mag sein, dass dieser Aufbau für die durchgängige Lesbarkeit nicht optimal ist – traditionell hätte man zuerst die Theorie erläutert, dann die Verfahren dargelegt, um

abschließend die Beispiele abzuhandeln – aber für den Praktiker bietet sich so der Vorteil, dass er unmittelbar seine Projekte bewerten kann. Je nach Erfordernis besteht dann im Nachgang die Möglichkeit, sich den einen oder anderen theoretischen Aspekt zu erarbeiten. An den entsprechenden Stellen im Text findet man dann Verweise zu den Theorieabschnitten.

Logischerweise basiert die Bewertung der Wirtschaftlichkeit auf entsprechenden Berechnungen, was den einen oder anderen abschrecken mag. Man wird aber schnell erkennen, dass es sich durchweg um sehr einfache mathematische Zusammenhänge handelt, die man mit Hilfe gängiger Tabellenkalkulationsprogramme bewerkstelligen kann.

Für den Praktiker bietet das Buch einen weiteren sehr wichtigen Vorteil: Die Berechnungen aller dargestellten Beispiele werden als Zusatzmaterial zum Buch als Download auf der Webseite des Verlages ([www.springer.com/de/book/9783658192150](http://www.springer.com/de/book/9783658192150)) zur Verfügung gestellt, so dass die Rechnung problemlos nachvollzogen werden kann. Außerdem kann man diese Tabellen auf eigene Projekte anpassen.

Die Darstellung der Berechnungsverfahren kann nur mit Hilfe von Formeln gelingen, auch das sollte niemanden abschrecken. Insbesondere im praktischen Teil des Buches wurden die Formeln auf ein Mindestmaß beschränkt. In den Beispielen wird direkt auf die Berechnungsansätze Bezug genommen.

Am Ende sollte man eine auf den vorliegenden Gegenstand etwas angepasste Redensart berücksichtigen:

Wirtschaftlichkeitsbewertung lernt man nur durch Wirtschaftlichkeitsbewerten (oder kurz: Übung macht den Meister).

Dabei wünsche ich viel Erfolg.

Dresden, Februar 2018

---

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Zuerst die Praxis

|          |   |    |
|----------|---|----|
| <b>1</b> | <b>Projektvorbereitung</b> .....  | 3  |
| 1.1      | Darstellung des Projektes in einer Zahlungsreihe .....                          | 3  |
| 1.2      | Typen von Investitionsprojekten .....   | 5  |
| 1.3      | Konstellationen .....   | 7  |
| <b>2</b> | <b>Investitionsbewertungsverfahren</b> .....                                    | 9  |
| 2.1      | Bewertungsansatz und Verfahrensübersicht .....                                  | 9  |
| 2.2      | Kapitalwertverfahren .....  | 12 |
| 2.3      | Annuitätenverfahren .....   | 13 |
| 2.4      | Zinsfußverfahren .....  | 16 |
| 2.5      | Verfahren der Vollständigen Finanzpläne .....                                   | 18 |
| <b>3</b> | <b>Vorgehensweise bei der Aufbereitung des Projektes für die Bewertung</b> .... | 21 |
| 3.1      | Auswahl des Bewertungsverfahrens .....  | 21 |
| 3.2      | Bestimmung der Eingangsparameter .....  | 22 |
| 3.3      | Zinsparameter .....   | 24 |
| 3.4      | Laufzeit der Investition .....  | 25 |
| 3.5      | Preisänderungen .....   | 25 |
| 3.6      | Die Kritische-Werte-Rechnung .....  | 28 |
| <b>4</b> | <b>Praxisbeispiele</b> .....  | 31 |
| 4.1      | Übersicht .....   | 31 |
| 4.2      | Dämmung der obersten Geschossdecke .....  | 31 |
| 4.2.1    | Projektbeschreibung .....   | 31 |
| 4.2.2    | Kapitalwertverfahren .....  | 34 |
| 4.2.3    | Annuitätenverfahren .....   | 42 |
| 4.2.4    | Zusammenhang Kapitalwert und Annuität .....                                     | 45 |
| 4.2.5    | Zinsfußverfahren .....  | 46 |
| 4.3      | Vollwärmeschutz oder Teilwärmeschutz .....                                      | 46 |
| 4.4      | Auswahl des wirtschaftlichsten Wärmeerzeugers .....                             | 52 |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 4.5  | Blockheizkraftwerk für ein vorhandenes Gebäude . . . . .               | 62 |
| 4.6  | Kombination Kessel und Blockheizkraftwerk . . . . .                    | 71 |
| 4.7  | Solarthermische Anlage . . . . .                                       | 75 |
| 4.8  | Photovoltaik-Anlage . . . . .  | 78 |
| 4.9  | Ersatzproblem: Austausch des Kessels sofort oder in 5 Jahren . . . . . | 83 |
| 4.10 | Betriebsoptimierung einer Heizungsanlage . . . . .                     | 85 |
| 4.11 | Vermieter-Mieter-Konstellation bei einem Wohngebäude . . . . .         | 87 |

## Teil II Danach die Theorie

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| <b>5</b> | <b>Wirtschaftlichkeit – Was bedeutet das genau?</b> . . . . .      | 97  |
| 5.1      | Was ist eine Investition . . . . .                                 | 97  |
| 5.2      | Wann ist eine Investition wirtschaftlich? . . . . .                | 98  |
| 5.3      | Die Wirkung des Zinses . . . . .                                   | 100 |
| 5.4      | Etwas Finanzmathematik . . . . .                                   | 103 |
| <b>6</b> | <b>Herleitung und Aussage der Bewertungsverfahren</b> . . . . .    | 107 |
| 6.1      | Kapitalwertverfahren . . . . .                                     | 107 |
| 6.2      | Annuitätenverfahren . . . . .                                      | 111 |
| 6.3      | Zinsfußverfahren . . . . .   | 112 |
| 6.4      | Vollständige Finanzpläne . . . . .                                 | 113 |
| 6.5      | Kritische Bewertung der Amortisationsdauer . . . . .               | 115 |
| <b>7</b> | <b>Lebenszykluskostenanalyse beim Nachhaltigen Bauen</b> . . . . . | 121 |
| 7.1      | Bewertungsansatz beim Nachhaltigen Bauen . . . . .                 | 121 |
| 7.2      | Vergleich der Barwert- mit der Kapitalwertmethode . . . . .        | 126 |
| 7.3      | Vergleich der Barwert- mit der Annuitätenmethode . . . . .         | 126 |

## Teil III Zum Abschluss noch etwas über Energie

|                                       |  |     |
|---------------------------------------|--|-----|
| <b>8</b>                              | <b>Bilanzierungsansätze und Begriffe</b> . . . . .                   | 131 |
| 8.1                                   | Die Energieumwandlungskette . . . . .                                | 131 |
| 8.2                                   | Heizwärmebedarf und Heizenergiebedarf . . . . .                      | 134 |
| 8.3                                   | Sinngemäße Übertragung auf das Kühlen . . . . .                      | 136 |
| 8.4                                   | Jahresnutzungsgrad versus Wirkungsgrad . . . . .                     | 138 |
| <b>9</b>                              | <b>Energieeffizienzgrößen für Wärme- und Kälteerzeuger</b> . . . . . | 139 |
| 9.1                                   | Kesselanlagen . . . . .  | 139 |
| 9.2                                   | Wärmepumpen . . . . .  | 139 |
| 9.3                                   | Blockheizkraftwerke . . . . .  | 140 |
| 9.4                                   | Kompressionskältemaschinen . . . . .                                 | 140 |
| <b>Quellen</b> . . . . .              |  | 141 |
| <b>Stichwortverzeichnis</b> . . . . . |  | 143 |

---

## Teil I

### Zuerst die Praxis

„Grau, teurer Freund, ist alle Theorie,  
Und grün des Lebens goldner Baum.“  
Goethe, Faust I

„Der Worte sind genug gewechselt,  
Lasst mich auch endlich Taten sehen!“  
Goethe, Faust I



## 1.1 Darstellung des Projektes in einer Zahlungsreihe

Wenn man Energieeffizienzmaßnahmen wirtschaftlich beurteilen will, hat man es mit Investitionen zu tun, d. h. man bewertet die Wirtschaftlichkeit von Investitionen.

Eine Investition kann folgendermaßen definiert werden:

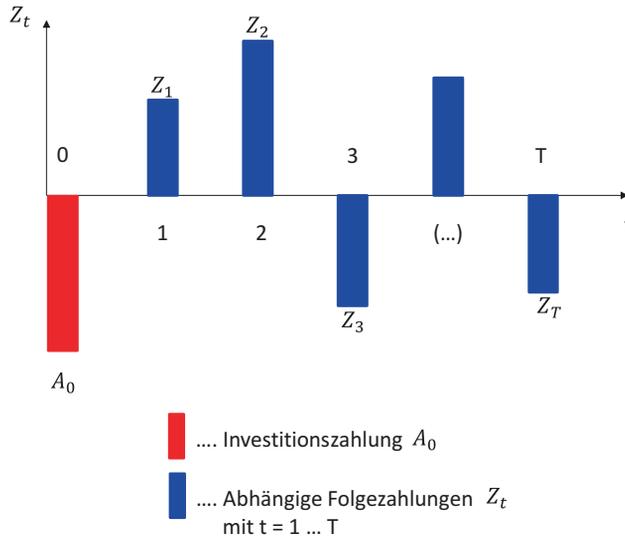
Eine Investition ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Auszahlung zum Zeitpunkt  $t = 0$  (das wäre die Investition) diverse abhängige Folgezahlungen von beliebiger Größenordnung im Zeitraum  $t = 1 \dots T$  verursacht.

Demzufolge muss man das Projekt der Energieeffizienzmaßnahmen so aufbereiten, dass es dieser speziellen Bewertung zugänglich ist. Das ist immer der erste Schritt der Wirtschaftlichkeitsanalyse. Dabei wird der Übergang von der

- Sachebene zur
- monetären Ebene

vollzogen. Auf der monetären Ebene können nur noch Aspekte berücksichtigt werden, welche in Form von Zahlungen abgebildet worden sind.

Investitionen werden in Form von Zahlungsreihen dargestellt. Die Abb. 1.1 verdeutlicht die Zahlungsreihe einer Investition, wobei die Zahlung bei  $t = 0$  die Investition ist (roter Balken) und die Zahlungen in  $t = 1 \dots T$  die abhängigen Folgezahlungen (blauer Balken).



**Abb. 1.1** Prinzip einer Investition

In der Zahlungsreihe ist  $Z_t$  der jährliche Saldo zwischen Ein- und Auszahlungen:

$$Z_t = E_t - A_t \quad (1.1)$$

- $Z_t$  Zahlungssaldo in der Periode  $t$   
 $E_t$  Einzahlungen in der Periode  $t$   
 $A_t$  Auszahlungen in der Periode  $t$

Als Periode  $t$  wird hier ausschließlich ein Jahr verwendet. Außerdem wird immer angenommen, dass alle Zahlungen zum Ende des Jahres (also am 31.12.) erfolgen. Diese Vereinbarung bezeichnet man auch als nachschüssige Betrachtung.

Die Auszahlung zum Zeitpunkt  $t = 0$  ist die Investitionszahlung und diese wird hier im Buch immer mit  $A_0$  bezeichnet.

Die Zahlungsreihe einer Investition kann man auch tabellarisch darstellen, wodurch weitere Aspekte deutlich werden. Sie ergibt sich aus der Bilanzierung von Ein- und Auszahlungen entsprechend der Tab. 1.1. Der Saldo bei  $t = 0$  ist negativ, da es zum Zeitpunkt der Investition in der Regel nur eine Auszahlung (eben die Investition) gibt. Der Saldo in den Jahren 1 bis  $T$  kann positiv oder negativ sein, das hängt von den speziellen Gegebenheiten der Investition ab. Gibt es mehrere Varianten, ist für jede Variante eine solche Zahlungsreihe aufzustellen.

Bei der Abbildung der Investition in Form einer Zahlungsreihe ist stringent das Prinzip umzusetzen, nach welchem nur Folgezahlungen in  $t = 1 \dots T$  berücksichtigt werden dürfen, welche durch die Anfangsauszahlung  $A_0$  (die Investitionszahlung) verursacht worden sind.

**Tab. 1.1** Zahlungsreihe einer Investition (Zahlenwerte für beliebiges Beispiel)

| t   | $E_t$   | $A_t$    | $Z_t = E_t - A_t$ |
|-----|---------|----------|-------------------|
| 0   | – €     | 100,00 € | –100,00 €         |
| 1   | 40,00 € | 20,00 €  | 20,00 €           |
| 2   | 40,00 € | 10,00 €  | 30,00 €           |
| 3   | 20,00 € | 40,00 €  | – 20,00 €         |
| 4   | 30,00 € | 15,00 €  | 15,00 €           |
| ... | ...     | ...      | ...               |
| T   | 45,00 € | 20,00 €  | 25,00 €           |

In der Zahlungsreihe des Investitionsprojekts dürfen nur Zahlungen berücksichtigt werden, welche durch die Investition (Zahlung bei  $t = 0$ ) verursacht worden sind.

## 1.2 Typen von Investitionsprojekten

In der Praxis begegnen uns verschiedene Typen von Investitionsprojekten:

- Alternativenvergleich (Variantenvergleich)
- Projektindividuelle Konstellation
- Wirtschaftlicher Zeitpunkt für eine Ersatzinvestition

### Alternativenvergleich

Dieser Typ kommt in der Praxis sehr häufig vor. Es gibt in einem Projekt eine Aufgabenstellung, für welche verschiedene Lösungen möglich sind. Beispiele können sein:

- Welches ist der wirtschaftlichste Wärmeerzeuger für mein Gebäude?
- Welches ist der wirtschaftlichste Kälteerzeuger für mein Gebäude?
- U. a.

Gesucht ist die wirtschaftlichste Alternative (Variante). Die Lösungsstrategie besteht darin, für jede Alternative die entsprechende Kennzahl auszurechnen z. B. den Kapitalwert oder die Annuität. Je nach Wert der berechneten Kennzahlen führt das zu einem Ranking der Alternativen. Die Alternative, bei welcher die Kennzahl den größten Wert hat, ist dann die wirtschaftlichste.

Dies gilt auch für den häufig vorkommenden Fall, dass die Zahlungsreihen der Investitionsalternativen nur Auszahlungen enthalten. Die entsprechenden Bewertungskennzahlen haben dann einen negativen Zahlenwert.

### Projektindividueller Typ

Bei diesem Typ steht die Frage im Raum, ob eine bestimmte Investition sinnvoll ist oder nicht, d. h. es gibt quasi nur eine Variante. Beispiele können sein:

- Ist die Investition in eine PV-Anlage wirtschaftlich sinnvoll oder nicht?
- Ist die Investition in ein BHKW wirtschaftlich sinnvoll oder nicht?
- U. a.

Streng genommen kann man den projektindividuellen Typ immer in einen Alternativenvergleich überführen, indem man zwei Alternativen vergleicht:

- Istzustand (d. h. ohne Investition, dies bezeichnen die Betriebswirtschaftler oft als die Unterlassungsvariante oder kurz „Unterlassung“)
- Sollzustand (d. h. mit getätigter Investition)

Für den Fall, dass die untersuchte Investition nur Auszahlungen verursachen würde, muss man kein Bewertungsverfahren anwenden, da die Bewertung eindeutig ist: diese Investition wäre nicht wirtschaftlich, da sich das Vermögen des Investors definitiv nicht erhöhen würde. Dieser Fall wäre gegeben, wenn man die Investition in den Wärmeerzeuger eines neu errichteten Gebäudes betrachtet. Diese Investition ist nicht wirtschaftlich, da nur Auszahlungen vorhanden sind (Anschaffung des Wärmeerzeugers, Energiekosten, Instandhaltungskosten). Ungeachtet dessen wird man diese Investition trotzdem tätigen, da man für die Heizung des Gebäudes Wärme benötigt. Damit bleibt festzuhalten:

Investitionen werden auch durchgeführt, wenn sie nicht wirtschaftlich sind, aber andere Gründe für deren Notwendigkeit gegeben sind.

Für den Fall der Investition in den Wärmeerzeuger kann man allerdings die Frage stellen, welcher Wärmeerzeuger im gegebenen Fall am wirtschaftlichsten ist. Siehe dazu die Ausführungen zum Alternativenvergleich.

### Wirtschaftlicher Zeitpunkt für eine Ersatzinvestition

Dieser Typ bzw. Fragestellung ist in der Praxis der Energieberatung eher selten. Man könnte beispielsweise fragen, zu welchem Zeitpunkt der Wärmeerzeuger in einem Gebäude durch ein effizienteres Aggregat ersetzt werden soll. Auch diese Konstellation kann man in einen Alternativenvergleich überführen, indem man verschiedene Varianten des Ersatzzeitpunktes betrachtet. Konkret wird das an einem Beispiel im Abschn. 4.9 demonstriert.

## 1.3 Konstellationen

Man kann in der Praxis zwei Konstellationen unterscheiden:

- Konstellation 1: Investor und Nutznießer der Investition sind identisch.

Dieser Konstellation begegnet man bei Investitionen, welcher ein privater Bauherr an seinem Gebäude vornimmt, oder eine öffentliche Körperschaft an ihrem eigenen Gebäude oder ein Wirtschaftsunternehmen ebenfalls am eigenen Gebäude.

- Konstellation 2: Investor und Nutznießer der Investition sind nicht identisch.

Dieser Konstellation begegnet man in Vermietungsobjekten. Der Vermieter tätigt die Investition und der Mieter ist Nutznießer bezüglich der Folgen. Wenn z. B. der Vermieter in die Wärmedämmung des Mietobjektes investiert, hat der Mieter in der Folge geringere Heizkosten. Allerdings muss er ggf. die zusätzliche Belastung einer Mieterhöhung tragen. Bei dieser Konstellation empfiehlt es sich, das Investitionsprojekt einmal aus Sicht des Vermieters und einmal aus Sicht des Mieters zu bewerten. Im Beispiel der Investition in die Wärmedämmung hätte das Projekt folgende Struktur:

für den Vermieter:

Investitionszahlung für die Dämmung

Zusätzliche Einnahmen durch die Mieterhöhung (oder vergleichbare Effekte)

Finanzierungskosten (ggf.)

für den Mieter:

keine Investitionszahlung

geringere Heizkosten

zusätzliche Kosten aufgrund der Mieterhöhung

Im Abschn. 4.11 wird ein Projekt mit Vermieter-Mieter-Konstellation ausführlich analysiert.

Die jeweilige Konstellation beeinflusst die Zahlungsreihe des Investitionsprojektes signifikant. Eine Investition (z. B. in die Dämmung eines Gebäudes wie gerade beschrieben) kann je nach Konstellation auf unterschiedliche Zahlungsreihen und demzufolge unterschiedliche Bewertungsergebnisse führen. Schon deshalb ist es nie zweckmäßig pauschale Aussagen dahingehend zu treffen, dass sich bestimmte Investitionen immer lohnen würden. Auch diesbezügliche Fragestellungen sind unpräzise, etwa wenn jemand zum Beispiel fragt, ob „Wärmepumpen denn wirtschaftlich sind.“ Die Antwort kann nur lauten: „Es kommt darauf an ...“



## 2.1 Bewertungsansatz und Verfahrensübersicht

Eine Übersicht über für den hier vorliegenden Zweck geeignete Investitionsbewertungsverfahren zeigt die Abb. 2.1. Die Verfahren kann man zunächst in zwei Hauptgruppen einteilen:

- Einfache kostenrechnerische Verfahren
- Komplexe finanzmathematische Verfahren

Die Verfahren der ersten Gruppe werden in der Praxis oft auch als statische Verfahren bezeichnet. Ihnen ist gemeinsam, dass sie nur sehr einfache Annahmen für die Bestimmung des Zinses bzw. des Zinseszins effekts enthalten. Demzufolge sind sie nur für Projekte mit sehr kurzen Laufzeiten geeignet, bei denen die Zinseffekte nur geringen Einfluss haben. Dabei liegen kurze Laufzeiten in der Größenordnung von bis zu etwa 5 Jahren, ohne dass man eine genaue Grenze angeben kann. Die Investitionsprojekte im Bereich des Bauens haben aufgrund der großen Lebensdauern von Gebäuden und der enthaltenen Technik viel längere Laufzeiten. Demzufolge sollte man ausschließlich die komplexen finanzmathematischen Verfahren anwenden. Diese verursachen zwar etwas mehr Aufwand, bieten aber den Vorteil einer größeren Treffsicherheit bei den Investitionsentscheidungen.

Für Investitionsprojekte mit langen Laufzeiten sollten für die Entscheidungsfindung immer komplexe finanzmathematische Verfahren angewendet werden.