

## Basiswissen BWL

### Finanzkennzahlen

Durch Investitionen werden finanzielle Ressourcen gebunden, die auch anders eingesetzt werden könnten. Solche Entscheidungen haben also große Bedeutung – auch weil es oft schwierig und sehr teuer sein kann, sie rückgängig zu machen. Zu einer klugen Investitionsentscheidung gehört deshalb immer auch eine detaillierte **Wirtschaftlichkeitsanalyse**.

Mithilfe von Wirtschaftlichkeitsberechnungen, auch Kosten-/Nutzenrechnung genannt, wird der Wert einer Investition ermittelt. Sie beantworten auch die Frage, ob eine Investition **ökonomisch sinnvoll** ist. Dabei spielen Finanzkennzahlen eine wichtige Rolle. Doch welcher Kennzahlen bedarf es, damit Investoren und Manager eine sinnvolle Entscheidung treffen können? Hier werden einige wichtige Kennzahlen anhand der Energiewirtschaft vorgestellt, da Investitionen in diesem Wirtschaftssektor meist besonders langfristig und kapitalintensiv sind.

#### Cash Flow

Grundlage der Wirtschaftlichkeitsberechnung sind hier die **prognostizierten Zahlungsströme** (Cash Flows) eines Projekts. Sämtliche voraussichtlich anfallenden Einnahmen und Ausgaben werden auf Jahresbasis und während der ökonomischen Laufzeit der Anlage dargestellt. Charakteristische Ausgaben bei einem Energieprojekt sind etwa der Investitionsaufwand sowie die Betriebs- und Instandhaltungskosten. Zu den Einnahmen zählen die Erlöse aus dem Verkauf des produzierten Stroms bzw. bei Übertragungs- oder Verteilnetzprojekten die Einnahmen aus den Netzentgelten. Die Differenz zwischen Gesamtausgaben und -einnahmen wird auch als **Nettogeldfluss** (Net Cash Flow) bezeichnet.

Dabei müssen vor allem jene Komponenten beachtet werden, die eine **kürzere Lebensdauer** als das Gesamtprojekt aufweisen und in bestimmten Abständen ersetzt werden (z.B. Wechselrichter bei Photovoltaik-Anlagen). Zu beachten sind auch **Residualwerte** von Komponenten, die im letzten Projektjahr als Verkaufserlöse anzusetzen sind.

Zahlungsströme lassen sich in nominalen oder realen Werten ausdrücken. **Nominale Werte** enthalten auch allgemeine monetäre Wertveränderungen wie Inflationseffekte. **Reale Werte** eliminieren solche Effekte und beziehen sich stets auf ein Basisjahr (bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung üblicherweise das erste Projektjahr). Bei einer Investitionsanalyse müssen die Zahlungsströme stets als nominale oder reale Werte berechnet werden. Eine Vermischung – z.B. reale Werte für die Ausgaben- und nominale Werte für die Einnahmenseite – verfälscht die Ergebnisse.

Die Cash-Flow-Methode lässt sich am Beispiel einer Photovoltaik-Anlage beschreiben (Abb. 1). Die Projektdauer wird mit 20 Jahren angesetzt, das Investitionsvolumen beträgt 125 Mio. Euro, die Bauzeit ein Jahr. Die jährlichen Betriebs- und Instandhaltungskosten liegen bei zwei Prozent der Investitionssumme. Die jährlichen Einnahmen belaufen sich auf 20 Mio. Euro. Nach zehn Jahren müssen bestimmte Komponenten ausgetauscht werden. Bei den Zahlen in der Abbildung handelt es sich um reale Werte in Mio. Euro.

Jahr	0	1	2	3	4	5	...	10	...	20
Investitionsaufwand	-125									
Betrieb/Instandhaltung	0	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	...	-2,5	...	-2,5
Komponentenersatz								-25		
Projekteinnahmen	0	20	20	20	20	20	...	20	...	20
<b>Nettogeldfluss</b>	<b>-125</b>	<b>17,5</b>	<b>17,5</b>	<b>17,5</b>	<b>17,5</b>	<b>17,5</b>	...	<b>-7,5</b>	...	<b>17,5</b>

Abb. 1: Cash Flow bei einer Photovoltaik-Anlage

#### Diskontierung

Die Diskontierung, auch **Abzinsung** oder **Kapitalwertmethode** genannt, ermöglicht den Vergleich von Geldbeträgen in verschiedenen Zeitperioden. Dabei wird der heutige Wert einer künftigen Zahlung berechnet (**Barwert**).

Mit der Diskontierung wird die **Wertdifferenz eines Geldbetrags** zu verschiedenen Zeitpunkten ermittelt. Die Differenz hat nichts mit inflationären Effekten zu tun, sondern mit der Annahme, dass ein heute zur Verfügung stehender Betrag mehr wert ist als ein Betrag in der Zukunft, da damit heute – und nicht erst in Zukunft – eine Investition oder ein Kauf vorgenommen werden kann. Wer etwa einen Kredit vergibt und damit heute auf Geld verzichtet, wird für diesen Investitions- bzw. Konsumaufschub durch Zinsen entschädigt. Sie sind ein Ausgleich für die **Opportunitätskosten**, die dem Kreditgeber durch den temporären Einnahmeverzicht entstehen. Hinzu kommt, dass eine Geldzahlung in der Zukunft stets mit einem gewissen **Ausfallrisiko** verbunden ist, was sich ebenfalls im Zinssatz widerspiegelt.

Um zu berechnen, wie viel ein künftiger Geldbetrag heute wert ist, wird diese Formel verwendet:

$$\text{Heutiger Geldwert} = \frac{\text{Zukünftiger Geldbetrag im Jahr } t}{(1+r)^t}$$

Dabei ist  $r$  die Abzinsungsrate in Prozent und  $t$  das betrachtete Jahr in der Zukunft. Wendet man das Verfahren auf den Cash Flow an, erhält man die abgezinsten jährlichen Zahlungsströme eines Projekts.

Als Beispiel dient eine neue Biogas-Anlage, die im fünften Betriebsjahr zwei Mio. Euro Erlösen soll. Die reale Abzin-

sungsrate wird auf sechs Prozent festgesetzt. Der heutige Wert der künftigen Einnahmen durch diese Investition lautet:

$$\text{Heutiger Geldwert} = \frac{2 \text{ Mio. Euro}}{(1 + 0,06)^5} = 1,49 \text{ Mio. Euro.}$$

Der Erlös von zwei Mio. Euro ist bei der angenommenen Abzinsungsrate heute also nur 1,49 Mio. Euro wert. Anders ausgedrückt: Würde ein Investor 1,49 Mio. Euro heute zu einem Zinssatz von sechs Prozent anlegen, hätte er nach fünf Jahren zwei Mio. Euro.

## Nettobarwert

Der Nettobarwert (Net Present Value), auch **Kapitalwert** genannt, ist einer der wichtigsten Indikatoren bei der finanziellen Bewertung eines Projekts und darf bei keiner Wirtschaftlichkeitsberechnung fehlen. Man erhält ihn, indem man die Summe der diskontierten Einnahmen von der Summe der diskontierten Ausgaben subtrahiert. Er ermöglicht eine unmittelbare Einschätzung der **allgemeinen Rentabilität** einer Investition. Denn ist der Nettobarwert (NBW) größer als null, ist ein Projekt grundsätzlich rentabel, da die Projekteinnahmen die Projektausgaben übersteigen:

$$\begin{aligned} \text{NBW} &= \sum_{t=1}^n \frac{\text{Einnahmen}_t - \text{Ausgaben}_t}{(1+r)^t} \\ &= \sum \text{diskontierte Einnahmen} - \sum \text{diskontierte Ausgabe.} \end{aligned}$$

Bei der Photovoltaik-Anlage ergibt sich bei einer Abzinsungsrate von acht Prozent und einer Laufzeit von 20 Jahren dieser Nettobarwert:

$$\begin{aligned} \text{NBW} &= 196,4 \text{ Mio. Euro} - 161,1 \text{ Mio. Euro} \\ &= 35,3 \text{ Mio. Euro.} \end{aligned}$$

Der diskontierte Kapitalwert ist also positiv und beträgt rund 35 Mio. Euro. Die Investition sollte also vorgenommen werden.

## Interne Verzinsung

Die interne Verzinsung, auch **interner Zinsfuß** oder **interne Kapitalverzinsung** (IKV) genannt, ist der monetäre Überschuss, den ein Projekt während seiner Laufzeit erwirtschaftet. Sie wird in Prozent ausgedrückt und steht für die klassische Projektrendite, die — je nach Vereinbarung — zwischen dem Investor und den Fremdkapitalgebern aufgeteilt wird. Die interne Verzinsung entspricht der Abzinsungsrate, bei der der Nettobarwert der Ausgaben gleich dem Nettobarwert der Einnahmen ist. Ist die vom Projekt erzielte Rendite größer oder gleich der Abzinsungsrate, erwirtschaftet es ausreichende Gewinne und ist somit rentabel.

Die interne Verzinsung oder Projektrendite ist eine beliebte Kennzahl, da sie einen einfachen Vergleich mit anderen Investitionsoptionen erlaubt und unmittelbar zeigt, ob ein Projekt die **Renditeerwartungen** eines Investors oder Unternehmens erfüllt. Die Frage ist jedoch, welche Abzinsungsrate bei der Diskontierung der Geldwerte verwendet werden soll. Hier kommt der gewichtete durchschnittliche Kapitalkostensatz ins Spiel.

## Gewichteter durchschnittlicher Kapitalkostensatz

Mit ihm (Weighted Average Cost of Capital, WACC) werden die Kapitalkosten berechnet, die zur Finanzierung eines Projekts nötig sind. Sie bestehen typischerweise aus zwei Komponenten: Investorengelder bzw. Eigenkapital und Kredite bzw. Fremdkapital. Die Finanzierungskosten des Fremdkapitals spiegeln sich im **Fremdkapitalzinssatz** wider (z.B. effektiver Jahreszins eines Bankdarlehens),

während die **Eigenkapitalrendite** für die Finanzierungskosten des Eigenkapitals steht.

Die vereinfachte Formel des WACC (ohne Berücksichtigung von Unternehmenssteuern) lautet:

$$\text{WACC} = \text{Fremdkapitalanteil} \cdot \text{Fremdkapitalzinssatz} + \text{Eigenkapitalanteil} \cdot \text{Eigenkapitalrendite.}$$

Hier wird der WACC anhand einer Onshore-Windkraftanlage berechnet, die einen Finanzierungsbedarf von drei Mio. Euro hat. Diese Summe soll zu 70 Prozent durch Fremdkapital und zu 30 Prozent durch Eigenkapital gedeckt werden. Der Fremdkapitalzinssatz beträgt 4,5 Prozent, die gewünschte Eigenkapitalrendite 15 Prozent. Demnach gilt:

$$\begin{aligned} \text{WACC} &= 70\% \cdot 4,5\% + 30\% \cdot 15\% \\ &= 7,65\%. \end{aligned}$$

Der Kapitalkostensatz zur Finanzierung der Windkraftanlage beträgt also rund acht Prozent. Die Projektrendite der Anlage sollte diesen Wert übertreffen oder zumindest erreichen. Denn ist die vom Projekt erzielte Rendite (interner Zinsfuß) größer oder gleich dem kalkulierten WACC, ist es rentabel und seine Einnahmen reichen aus, um die Ausgaben zu decken und die Zinsen für das Fremd- und Eigenkapital zu zahlen. Die Projektrendite gibt also auch Auskunft über die maximale Höhe der Kapitalkosten, zu denen ein Projekt gerade noch gewinnbringend umgesetzt werden kann.

## Stromerzeugungskosten

Die dynamischen Stromerzeugungskosten (Levelized Cost of Electricity, LCOE) eignen sich besonders gut zur Bewertung von Energieprojekten. Sie geben die Kosten an, die bei der Produktion einer Kilowattstunde (kWh) Strom anfallen. Dabei werden sämtliche diskontierten Ausgaben über die Laufzeit des Projekts berücksichtigt und zur — ebenfalls diskontierten — prognostizierten erzeugten Energiemenge ins Verhältnis gesetzt. Die Stromerzeugungskosten berechnen sich so:

$$\begin{aligned} \text{LCOE} &= \frac{\text{NBW Ausgaben}}{\text{NBW produzierte Energie}} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{\text{Ausgaben}_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{\text{Energie}_t}{(1+r)^t}} \\ &= \frac{\text{Euro}}{\text{kWh}} \cdot 100 = \text{Cent/kWh.} \end{aligned}$$

An den Stromerzeugungskosten lässt sich einfach erkennen, ob ein bestimmter Stromverkaufspreis oder eine eventuelle Einspeisevergütung ausreichen, um die Produktionskosten zu decken. Liegt der Stromverkaufspreis über den errechneten Erzeugungskosten, übersteigen die Einnahmen die Ausgaben und das Projekt ist rentabel. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die Stromerzeugungskosten auch den **kleinsten benötigten Einnahmetarif** bestimmen, bei dem ein Projekt noch als rentabel angesehen werden kann. Die Stromerzeugungskosten ermöglichen somit einen technologieübergreifenden Vergleich unterschiedlicher Energieprojekte und können etwa zur Ermittlung der kostengünstigsten Stromerzeugungsvariante verwendet werden.

Angenommen, es ist eine Windkraftanlage mit einer Nennleistung von 2,5 Megawatt (2.500 Kilowatt, kW) geplant. Der Investitionsaufwand liegt bei drei Mio. Euro, die jährlichen Betriebs- und Instandhaltungskosten betragen drei Prozent der Investitionssumme. Der Einfachheit halber geht man von einer 20 Jahre langen konstanten jährlichen Energieproduktion von 1.800 kWh pro kW aus. Das ergibt eine Energiemenge von 4,5 Mio. kWh (MkWh) pro Jahr. Als Abzinsungsrate wird der oben berechnete WACC von 7,65 Prozent gewählt. Die Stromerzeugungskosten lassen sich so berechnen:

Jahr	0	1	2	3	4	5	...	10	...	20
Prod. Energie (MkWh)		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	...	4,5	...	4,5
Gesamtausgaben (M€)	3,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	...	0,1	...	0,1
NBW Energie	45,4 M€									
NBW Ausgaben	3,7 M€									
WACC	7,65%									
LCOE	7,85									

Abb. 2: Dynamische Stromerzeugungskosten

Die Erzeugungskosten betragen also 7,85 Cent pro kWh.

Weitere relevante Kennzahlen zur Beurteilung von Energieprojekten sind unter anderem die **Amortisationsdauer**, das **Nutzen-/ Kostenverhältnis** und die **Äquivalenzkosten**. Daneben gibt es noch andere Kennzahlen, auf die hier nicht eingegangen wird.

**Fazit**

Finanzkennzahlen sind ein nützliches und wichtiges Instrument zur Bewertung von Investitionsprojekten. Eine vernünftige Investitionsentscheidung beruht allerdings – gerade auch in der Energiewirtschaft – noch auf anderen als ökonomischen Kriterien. Wegen der Größe und Komplexität vieler Energieprojekte sind beispielsweise die **politischen Rahmenbedingungen**, **makroökonomische Aspekte**, die **strategischen Unternehmensziele** oder die Frage, wie **verlässlich die Rechtsprechung** ist, ebenso zu beachten wie die hier vorgestellten Indikatoren.

Außerdem sollte eine Investitionsentscheidung nicht von einer einzelnen Kennzahl abhängig gemacht werden, sondern auf einer umfassenden Kalkulation mit verschiedenen Kennziffern beruhen. Zudem gehören zu diesen Kennzahlen auch stets – mehr oder weniger zuverlässige – Prognosen, etwa zur Lebensdauer des Projekts, den künftigen Zahlungseingängen oder der Abzinsungsrate. Nur wenn bei der Interpretation der Ergebnisse dieser Unsicherheitsfaktor berücksichtigt wird, sind Kennzahlen eine sinnvolle Entscheidungshilfe.

Prof. Dr. Uwe Leprich, Saarbrücken/  
Sebastian Haffner, B.Sc., Stuttgart

**Literatur:**

Heesen, B.: Investitionsrechnung für Praktiker. 2. Aufl., Wiesbaden 2012.  
 Heuck, K. et al.: Elektrische Energieversorgung – Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie für Studium und Praxis. 8. Aufl., Wiesbaden 2010.  
 Panos, K.: Praxisbuch Energiewirtschaft – Energieumwandlung, -transport und -beschaffung im liberalisierten Markt. 2. Aufl., Berlin 2009.  
 Poggensee, K.: Investitionsrechnung – Grundlagen, Aufgaben, Lösungen. Wiesbaden 2009.  
 Richtlinie VDI 2067: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen. Blatt 1: Grundlagen und Kostenberechnung. Düsseldorf 2012.  
 Schwab, A.J.: Elektroenergiesysteme – Erzeugung, Transport, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie. 3. Aufl., Berlin 2012.

# Basiswissen Wirtschaftsmathematik

## Approximation von Integralen

Die Integralrechnung ist bei der Wahrscheinlichkeitsrechnung von besonderer Bedeutung. Letztere wird in vielen Bereichen angewandt, etwa der Versicherungsmathematik (Risikobewertung), der Finanzwirtschaft, im Controlling oder Operations Research (vgl. Kohn/Öztürk, S. 339 f., 346 f., 349 ff.). Wirtschaftsstudenten befassen sich meist nur mit analytisch lösbaren Integralen. Analytisch lösbar ist ein Integral dann, wenn für die zu integrierende Funktion  $h(x)$  eine Stammfunktion gebildet werden kann (vgl. Kohn/Öztürk, S. 330 f.).

Bei vielen Funktionen gibt es jedoch **keine Stammfunktion** oder es ist sehr schwierig, sie herzuleiten. Etwa bei der Dichtefunktion der Standard-Normalverteilung, für die keine Stammfunktion existiert:

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right).$$

Trotz fehlender analytischer Lösung wird bei statistischen Tests die Verteilungsfunktion der Normalverteilung verwendet:

$$\Phi(z) = \int_{-\infty}^z \phi(x) dx.$$

Da sich dieses Integral analytisch nicht exakt berechnen lässt, wird es approximiert. Die Lösung wird in Verteilungstabellen festgehalten. Grundsätzlich können Integrale auf verschiedene Weise approximiert werden. Hier werden zwei Ansätze aus der numerischen Mathematik vorgestellt, die **numerische Integration** und die **Monte-Carlo-Integration**.

**Numerische Integration**

Abb. 1 verdeutlicht das grundlegende Prinzip der numerischen Integration. Die zu integrierende Funktion  $h(x)$  und das wahre Integral

$$A = \int_a^b h(x) dx$$

werden in Teilabbildung (a) dargestellt. Lässt sich der Integrand nicht analytisch exakt berechnen, wird er durch eine andere Funktion näherungsweise beschrieben und diese Näherung dann exakt integriert.

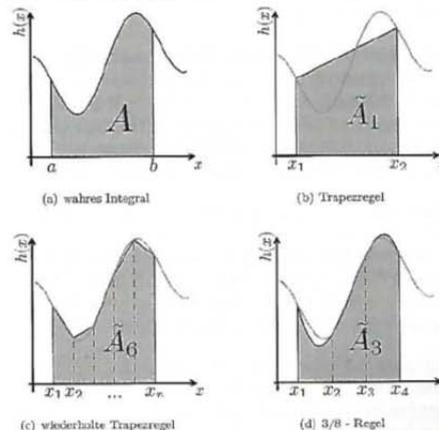


Abb. 1: Numerische Integration