

Veröffentlicht in

## Controlling

Heft 2/2021

*Gleißner, W. / Meyer, M. / Spitzner, J. (2021):*  
„Simulationsbasierte Investitionsrechnung:  
Kalkulation mit Unsicherheit und risikoadäquate  
Bewertung“, S. 22 – 29

Mit freundlicher Genehmigung der  
Verlag Franz Vahlen GmbH, München

[www.vahlen.de](http://www.vahlen.de)

# Simulationsbasierte Investitionsrechnung

## Kalkulation mit Unsicherheit und risikoadäquate Bewertung



Prof. Dr. **Werner Gleißner** ist Professor für Betriebswirtschaft, insb. Risikomanagement, an der Technischen Universität Dresden sowie Vorstand der FutureValue Group AG und der EACVA.



Prof. Dr. **Matthias Meyer** leitet das Institut für Controlling und Simulation an der Technischen Universität Hamburg.

Risikobetrachtungen sind häufig ein „add on“ bei Investitionsentscheidungen, etwa in Form von Sensitivitätsanalysen oder eines unabhängig von der Investition ermittelten Diskontierungssatzes. Wir zeigen auf, wie Risiken von Anfang an bei der Bewertung von Investitionen berücksichtigt werden können. Entscheider erhalten eine monetäre Bewertung des Risikos einer Investition in Form eines Diskontierungssatzes, der sich auf die konkreten, mittels einer Monte-Carlo-Simulation aggregierten Risiken einer Investition bezieht.

**Werner Gleißner, Matthias Meyer und Jan Spitzner**

### 1. Erfassung von Risiken mittels der Investitionsrechnung

Investitionen gehören zu den unternehmerischen Entscheidungen, die aufgrund ihrer Bedeutung für den Unternehmenserfolg oft von Vorständen und Geschäftsführern getroffen werden. Die große Herausforderung bei Investitionsrechnung und -planung besteht darin, dass die Rückflüsse aus einer Investition unsicher sind, weil die mit ihr ausgelösten Cashflows risikobehaftet sind. Ökonomische Theorie und die Rechtsprechung zur *Business Judgment Rule* (siehe z. B. *Graumann et al., 2009*) stimmen darin überein, dass insbesondere die mit einer Investition verbundenen Chancen und Risiken zu erfassen und im Entscheidungskalkül zu berücksichtigen sind. Um von „angemessenen Informationen“ im Sinne des Gesetzes ausgehen zu können, ist insbesondere durch eine fundierte Analyse zu zeigen, welche Risiken mit der Investition verbunden sind und wie sich der Risikoumfang des Unternehmens selbst durch die Investition verändern würde. Bei der Erfassung von Risiken mit dem bei Investitionsbewertung üblichen Kapitalwertkalkül gibt es eine Reihe methodischer Herausforderungen und Hemmnisse, die in diesem Beitrag – mit den zugehörigen Lösungsansätzen – diskutiert werden:

1. Das für die dynamische Investitionsrechnung genutzte Kapitalwertkalkül, speziell das Discounted Cashflow-Verfahren (DCF-Verfahren), ist nur anwendbar, wenn Erwartungswerte der Cashflows vorliegen. Erwartungs-

werte zeigen, was im Mittel an Cashflows realisiert werden kann und sie sind nur bestimmbar, wenn dabei Chancen und Risiken analysiert und bei der Berechnung berücksichtigt werden.

2. Die erforderliche Risikoanalyse steht bei vielen innovativen Investitionen vor dem (scheinbaren) Problem, dass wünschenswerte Informationen zur Risikoquantifizierung, z. B. aus der Historie, nicht vorliegen. Die im Beitrag erläuterten Verfahren der Risikoanalyse und risikogerechten Bewertung von Investitionen sind jedoch auch anwendbar, wenn nur (transparent dargestellte) subjektive Expertenschätzungen als Grundlage der Risikoquantifizierung Verwendung finden können.
3. Bei der Investitionsbewertung sind die Erwartungswerte der Cashflows risikoadäquat zu diskontieren. Die Bestimmung des Diskontierungssatzes (Kapitalkostensatz) wird in der Praxis häufig mit Hilfe des Capital Asset Pricing Modells (CAPM) vorgenommen. Die Bestimmung des Diskontierungssatzes mittels CAPM basiert auf historischen Aktienrendite-Schwankungen von Unternehmen, und diese zeigen nicht das zukünftige Cashflow-Risiko der konkreten zu bewertenden Investition.

In diesem Beitrag wird die Lösung dieser Probleme skizziert: Ausgehend von Risikoanalyse und Risikoaggregation (Monte-Carlo-Simulation) wird nicht nur der Erwartungswert der Cashflows, sondern zugleich und konsistent dazu auch ein risikoadäquater Diskontierungssatz für die Investitions-

## SCHWERPUNKT

	Klassisches DCF-Verfahren	Simulationsbasiertes DCF-Verfahren
Investitionskosten neue Maschine (in EUR)	37.000	
Nutzungsdauer	3 Jahre	
Absatz Hauptkunde (in Stück)	40.000	zwischen 33.600 und 43.200, wahrscheinlichster Wert: 40.000
Absatz sonstige Kunden (in Stück)	60.000	zwischen 50.400 und 64.800, wahrscheinlichster Wert: 60.000
Erlös je Stück (in EUR)	1,00	
Stückkosten Produktion (in EUR)	0,49	
Stückkosten Rohstoffe (in EUR)	0,35	Normalverteilung mit Mittelwert 0,35 und Standardabweichung 0,01
Diskontierungssatz	8,0%	

Abb. 1: Ausgangsdaten Fallbeispiel

bewertung abgeleitet. Aus dem, durch ein geeignetes Risikomaß ausgedrückten, Umfang der Cashflow-Schwankungen um den Erwartungswert ergibt sich der risikoadäquate Diskontierungssatz. Je riskanter die Cashflows des Investitionsprojektes sind, desto größer der Bedarf an Eigenkapital zur Risikodeckung und die Anforderungen an die Rendite, also der Diskontierungssatz.

Die hier dargestellte Methode nutzt das im Unternehmen vorhandene Wissen über die Unsicherheit einer Investition und erlaubt es, diese konsistent und quantitativ zu erfassen. Es wird ein Diskontierungssatz ermittelt, der sich auf die konkret ermittelten Risiken einer Investition bezieht, der jedoch von Risiken anderer Investitionen im Unternehmen oder von den mittels des CAPM ermittelten Werten deutlich abweichen kann. Werden durch Maßnahmen die Risiken verändert, kann dies mittels verschiedener Kennzahlen erfasst werden. So können Kosten einer Maßnahme, wie z. B. der Kaufpreis einer Option zur Rohstoffpreisabsicherung, dem resultierenden Nutzen gegenübergestellt werden. Neben diesem unmittelbaren Vorteil für konkrete unternehmerische Entscheidungen ist methodisch hervorzuheben, dass auf Basis der hier vorgeschlagenen simulationsbasierten Methodik die Erfassung und Bewertung von Risiken systematisch über den risikoadjustierten Diskontierungssatz in das Investitionskalkül integriert wird. Kurz: Risiken werden von Anfang an bei der Bewertung von Investitionen mitgedacht.

Im nächsten Abschnitt wird zunächst in das Fallbeispiel eingeführt, anhand dessen wir unsere Überlegungen illustrieren wollen und es werden einige Kenngrößen der simulationsbasierten Investitionsrechnung vorgestellt. Dann wird die der risikogerechten Bewertung einer Investition zugrundeliegende Methode entwickelt. Auf dieser Grundlage wird dann anhand des Fallbeispiels gezeigt, wie

eine risikogerechte Bewertung einer Investition durchgeführt wird und welche zusätzlichen, steuerungsrelevanten Informationen sich damit generieren lassen. Die Ausführungen schließen mit einem Fazit.

## 2. Das Fallbeispiel: Risikoanalyse und Simulationsrechnung

Das Fallbeispiel befasst sich mit einer Investitionsentscheidung zum Erwerb einer maschinellen Anlage, die 37.000 EUR kostet und drei Jahre zur Produktion industrieller Erzeugnisse genutzt wird (vgl. Abb. 1; das Fallbeispiel basiert auf *Duscher/Meyer/Spitzner*, 2012). Die Stückkosten der Produktion betragen 0,49 EUR und die Rohstoffstückkosten 0,35 EUR. Die produzierten Erzeugnisse werden an zwei Gruppen von Kunden verkauft. Ein Hauptkunde bezieht 40.000 Stück und mehrere kleinere Abnehmer kaufen insgesamt 60.000 Stück. Der Verkaufspreis ist für beide Gruppen gleich, er beträgt 1,00 EUR pro Erzeugnis. Nutzt man in der klassischen Anwendung des DCF-Verfahrens einen „gegriffenen“ Diskontierungssatz von 8,0 %, so ergibt sich mit diesen Parametern ein Barwert der Investition in Höhe von 4.234 EUR, was einer Rendite von 11,44 % über den Zeitraum entspricht (vgl. Abb. 2).



Dr. Jan Spitzner ist Geschäftsführer der Spitzner Consulting GmbH, München.

**Risiken werden von Anfang an bei der Bewertung von Investitionen konsequent mitgedacht.**

### Zentrale Aussagen

- Mittels der Monte-Carlo-Simulation wird die Unsicherheit von Investitionsprojekten sichtbar und bewertbar gemacht.
- Bei der Investitionsbewertung sind die Erwartungswerte der Cashflows risikoadäquat zu diskontieren, was über den mittels Monte-Carlo-Simulation abgeleiteten risikoadjustierten Diskontierungssatz gewährleistet wird.
- Risikobetrachtungen werden somit systematisch integriert und sind nicht mehr nur ein „Anhängsel“.

### Implikationen für die Praxis

- In der Analyse von Investitionsvorhaben lassen sich Risiken durch Monte-Carlo-Simulationen erfassen und systematisch berücksichtigen.
- Wesentlich ist es, die Auswirkungen sämtlicher Risiken auf den Erwartungswert der Cashflows und auch den Diskontierungszinssatz selbst konsistent zu berücksichtigen, damit eine faire Bewertung zu alternativen Anlagen erfolgen kann.
- Durch die vorgestellte Methodik ist ersichtlich, wie sich der risikoadjustierte Diskontierungssatz mit den Maßnahmen des Risikomanagements verändert.
- Darüber hinaus erlaubt das Vorgehen den einzelnen Maßnahmen nicht nur ein Preisschild, sondern auch einen monetär bewerteten Risikoreduktionsbeitrag zuzuordnen.

### Das simulationsbasierte Verfahren verdeutlicht die Breite der möglichen Ergebnisse der Investition.

Grundsätzlich können alle Parameter (Erlöse, Kosten, Absatzmengen) Schwankungen unterliegen. Im Folgenden werden einfachheitshalber drei Parameter als risikobehaftet angesehen: Absatzmenge Hauptkunde, Absatzmenge sonstige Kunden und Stückkosten Rohstoffe. Im Rahmen eines simulationsbasierten Verfahrens werden diese nicht als Punktschätzungen, sondern als stochastische Größen angegeben (vgl. *Grisar/Meyer*, 2015 zur Verbreitung der Monte-Carlo-Simulation in Unternehmen im deutschsprachigen Raum). Für die ersten zwei unsicheren Parameter (Absatzmengen) wird ähnlich wie bei einer klassischen Szenario-Analyse vorgegangen. Man überlegt, wie hoch der höchste, der niedrigste und der wahrscheinlichste Wert für den jeweiligen Parameter sein kann (es sei darauf hingewiesen, dass die Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten häufig auf Basis von Expertenschätzungen erfolgt. Diese können jedoch durch kognitive Verzerrungen beeinflusst sein und führen häufig im Gesamtergebnis zu einer Unterschätzung des Risikos (vgl. *Meyer et al.*, 2011). Der Unterschied zur Szenario-Analyse besteht darin, dass alle Werte zwischen dem höchsten und niedrigsten Wert ebenfalls modelliert werden, allerdings werden Ausprägungen um den wahrscheinlichsten Wert herum häufiger zu beobachten sein (es handelt sich hierbei um die sogenannte Dreiecksverteilung). Zudem soll zwischen der Absatzmenge Hauptkunde und der Absatzmenge sonstige Kunden eine Korrelation von 0,80 bestehen. Bei dem dritten unsicheren Parameter (Stückkosten Roh-

stoffe) sind die Werte normalverteilt. Gängige Software-Pakete und auch *Excel* selbst bieten die Möglichkeit an, auch weitere Verteilungen zu verwenden (siehe ausführlicher hierzu z. B. *Bleuel*, 2006, S. 373 f.).

Während das klassische Verfahren lediglich einen Wert für die gesuchte Kenngröße (z. B. Rendite) liefert und vermeintliche Planungssicherheit suggeriert, verdeutlicht das simulationsbasierte Verfahren, dass die Zukunft, d. h. das tatsächlich erzielte Ergebnis der Investition, auch anders aussehen kann. Die Rendite kann in der Zukunft sowohl größer als auch kleiner sein als erwartet. Um festzustellen, welches Ergebnis (größer oder kleiner) am wahrscheinlichsten erwartet werden kann, ist die Häufigkeitsverteilung der Zielgrößen zu untersuchen. Der **Abb. 3** ist zu entnehmen, wie häufig der jeweilige Wert der Rendite in der Gesamtzahl simulierter Szenarien vorkommt.

Nutzt man nun die stochastischen Parameter in einem Modell gemäß **Abb. 2**, so lassen sich Häufigkeitsverteilungen der Ergebnisgrößen berechnen. Aus diesen bekommt man folgende Zusatzinformationen:

- (1) Die erwartete Rendite der Investition unter Berücksichtigung der Unsicherheiten ist im Durchschnitt wesentlich kleiner als das Ergebnis des klassischen Verfahrens, weil es einen „Gefahrenüberhang“ bedingt durch die links-schiefen Absatzverteilungen (das Minimum weicht stärker von wahrscheinlichsten Wert ab als das Maximum, vgl. **Abb. 1**) gibt (8,39 % < 11,44 %).
- (2) Die infolge der Wirkung der Unsicherheiten vorliegende Volatilität des Ergebnisses beträgt 8,57 % (gemessen durch die Standardabweichung der Rendite).
- (3) Mit 95 %-iger Wahrscheinlichkeit wird ein Verlust von -5,62 % bzw. -2.080 Euro nicht überschritten (Cashflow at Risk).
- (4) Ein Verlust kann bei diesem Investitionsprojekt nicht ausgeschlossen werden, die Verlustwahrscheinlichkeit liegt bei 16,49 %. Allerdings ist ein Erfolg wahrscheinlicher (100,00 % - 16,49 % = 83,51 %).

Klassisches DCF-Verfahren	Jahr 0	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3
+ Erlös Hauptkunde		40.000	40.000	40.000
+ Erlös sonstige Kunden		60.000	60.000	60.000
./. Kosten Produktion		-49.000	-49.000	-49.000
./. Kosten Rohstoffe		-35.000	-35.000	-35.000
./. Investitionen	-37.000			
<b>= Cashflow</b>	<b>-37.000</b>	<b>16.000</b>	<b>16.000</b>	<b>16.000</b>
Diskontierungssatz	8,0%			
Diskontierter Cashflow	-37.000	14.815	13.717	12.701
<b>Barwert</b>	<b>4.234</b>			
<b>Rendite</b>	<b>11,44%</b>			

**Abb. 2: Berechnung klassisches DCF-Verfahren**

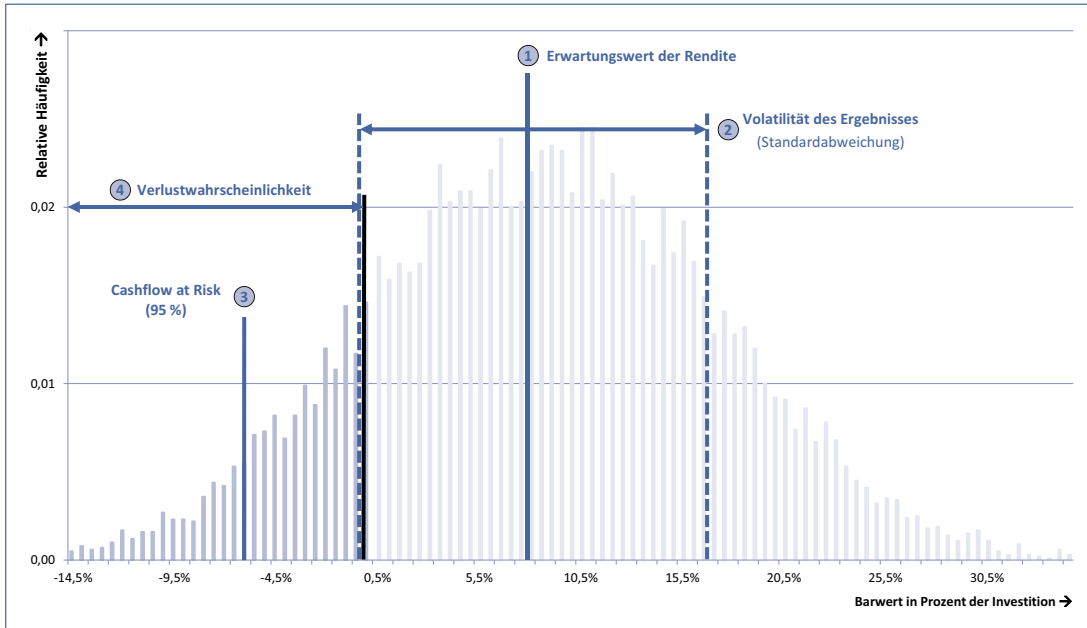


Abb. 3: Ergebnisverteilung im simulationsbasierten Verfahren

Der Erwartungswert des (nicht diskontierten) Gesamtrückflusses nach drei Jahren beträgt  $E(Z) = 9.687$  EUR mit einer zugehörigen Standardabweichung  $\sigma(Z) = 3.692$  EUR. Der aus der Simulation berechnete Erwartungswert der Rückflüsse weicht vom Plan-Wert in Höhe von 11.000 EUR ab, weil es den bereits erwähnten Gefahrenüberhang durch linksschiefe Verteilungen gibt. Das simulationsbasierte Verfahren liefert somit Zusatzinformationen, die eine im Vergleich zum klassischen Verfahren umfassendere und durch den Einbezug der Volatilität adäquatere Entscheidungsgrundlage darstellen. Damit kann nun auch die Risikoneigung eines Entscheiders mit einbezogen werden. Ein risikofreudiger Entscheider wird bereit sein, für eine hohe Rendite auch eine hohe Verlustwahrscheinlichkeit in Kauf zu nehmen, wohingegen ein risikoscheuer Entscheider eine Investition mit einer niedrigeren Rendite und dafür einer kleinen Verlustwahrscheinlichkeit wählen wird.

Wie oben erwähnt wächst das Risiko einer Investition maßgeblich aus der Volatilität des Umfeldes eines Unternehmens heraus. Dennoch gibt es häufig Möglichkeiten, die Auswirkungen der Volatilität auf das Investitionsobjekt zu beeinflussen und damit das Risiko zu senken. Der erste Schritt zur zielgerichteten Beeinflussung der Volatilität eines Investitionsprojektes besteht darin, besonders relevante Hebel herauszufinden. Dies erfolgt mithilfe einer sogenannten Unsicherheitsanalyse, bei der ermittelt wird, welche Variable zur Volatilität der Ergebnisgröße am meisten beiträgt (für eine weiterführende Betrachtung der Analyse von Simulationsergebnissen vgl. *Lorscheid/Heine/Meyer, 2012*). Da die Zahlungsreihen (In- und Outputgrößen) mehrfach ermittelt werden, können Einflussmaße berechnet werden, die beschreiben, wie viel der Variabilität in der Rendite auf die einzelnen

Variablen zurückzuführen ist. Wie die **Abb. 4** zeigt, beeinflusst der Parameter Stückkosten Rohstoffe die Ergebnisgröße am stärksten: 47,1 % der Variabilität der Ergebnisgröße Rendite wird durch die Variabilität des Parameters Stückkosten Rohstoffe erklärt.

In der bisherigen Betrachtung wurde von einem angenommenen Diskontierungssatz von 8,0 % ausgegangen. Ob dieser Wert jedoch das reale Cashflow-Risiko der Investition abbildet, kann ohne weiterführende Überlegungen nicht beantwortet werden. Das hat jedoch mögliche Fehlentscheidungen zur Folge: Ist der Diskontierungssatz zu hoch, fällt der berechnete Barwert (bei positivem Cashflow in der Zukunft) zu niedrig aus, was zur Folge hat, dass eigentlich sinnvolle Investitionen nicht durchgeführt werden. Ist umgekehrt der Diskontierungssatz zu niedrig, werden möglicherweise Investitionen durchgeführt, die den Unternehmenswert mindern. Der Frage nach dem risikoadäquaten

Zunächst lassen sich besonders relevante Hebel zur Reduktion der Volatilität herausfinden.

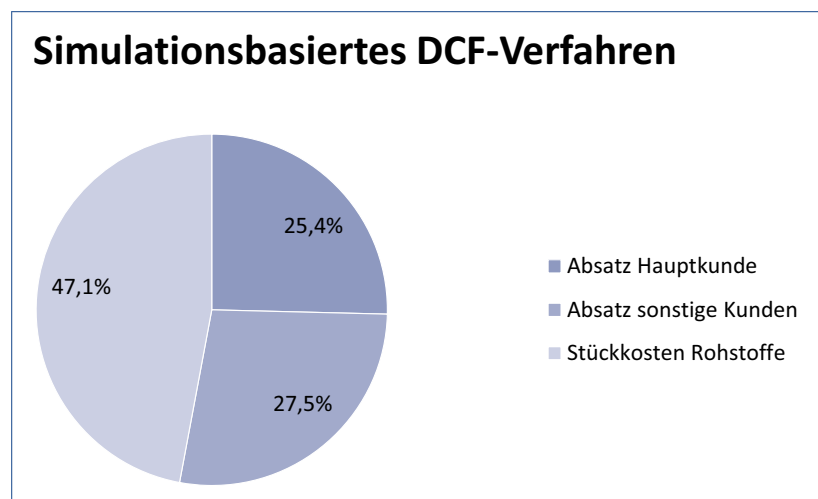


Abb. 4: Einflussstärke der Unsicherheitsfaktoren auf die Rendite

Diskontierungssatz widmet sich der folgende Abschnitt.

### 3. Methode der risikogerechten Bewertung einer Investition

Als Grundlage für die Investitionsentscheidung wird nachfolgend ein Kapitalwert berechnet, der das Ertrag-Risiko-Profil der Investitionsalternativen erfasst. Dieser Kapitalwert ist ein sicherer Geldbetrag und Ergebnis einer Unsicherheitstransformation, d. h. die Häufigkeitsverteilung der Cashflows wird auf eine reelle Zahl abgebildet. Diese ist dann Ausdruck des Ertrag-Risiko-Profils der Investitionsalternativen und Grundlage für die unternehmerische Entscheidung im Hinblick auf die Durchführung der Investition (vgl. dazu *Risk Management Association e. V.*, 2019).

Der Wert eines Zahlungsstroms ist abhängig von (1) erwarteter Höhe, (2) Risiko und (3) Zeitpunkt der Zahlungen. Oft wird aber bei Anwendung des DCF-Verfahrens das Risiko der Cashflows nicht adäquat bei der Investitionsbewertung berücksichtigt, weil statt der Risiken der Cashflows primär historische Aktienrendite-Schwankungen betrachtet und im Betafaktor des CAPM erfasst werden (siehe zum Zusammenhang Ertragswert- und DCF-Verfahren *Ballwieser*, 2019), d. h. die eigentlichen Chancen und Risiken der konkret zu bewertenden Investitionen, die in der vorgestellten Simulationsstudie in Abschnitt 2 ermittelt werden, bleiben unberücksichtigt.

Die Alternative zur kapitalmarktorientierten Bewertung, die Methode einer semi-investitionstheoretischen Bewertung, basiert auf sogenannten Risiko-Wert-Modellen (siehe *Sarin/Weber*, 1993; *Dorfleitner/Gleißner*, 2018) und der Methode der unvollkommenen Replikation (*Gleißner*, 2014; *Dorfleitner/Gleißner*, 2018). Diese gehen von einer zentralen Annahme aus: zwei Zahlungen zum gleichen Zeitpunkt haben den gleichen Wert, wenn sie im Erwartungswert und dem gewählten Risikomaß übereinstimmen. Für die Bewertung muss die Anlagealternative für das zu bewertende Investment bekannt sein. Meist wird angenommen, dass statt der zu bewertenden Investition auch in eine quasi risikolose Anlage mit dem Zinssatz  $r_f$  und in eine risikobehaftete Alternativinvestitionsmöglichkeit, z. B. ein globaler Aktienindex, investiert werden könnte (quasi als empirisches Marktportfolio). Bewerten heißt vergleichen.

Für die Bestimmung der Bewertungsgleichung wird ein Replikationsportfolio konstruiert, das sich aus einem Wert  $x$  einer risikolosen Anlage und einem Wert  $y$  einer riskanten Investmentmöglichkeit zusammensetzt. Man wählt  $x$  und  $y$  so, dass erwarteter Cashflow und Risiko dieses Replikationsportfolios genau denen des zu bewertenden Zahlungsstroms entsprechen. Aufgrund der obigen Annahme ist damit der Wert der unsicheren Zahlung

gerade die Summe  $x + y$ . Entscheidend ist, dass für die Bewertung hier unmittelbar auf dem Risiko des Zahlungsstroms (aggregiertes Ertragsrisiko) aufgebaut wird und spezifische Annahmen über den Kapitalmarkt nicht erforderlich sind.

Für die Investitionsbewertung und die Herleitung risikoadäquater Kapitalkosten kann man allgemein den Sachverhalt nutzen, dass man den Wert  $W$  einer Zahlung  $Z$  auf zwei Wegen berechnen kann (in enger Anlehnung an *Gleißner*, 2017). Dies kann entweder durch Diskontierung mittels risikoadjustiertem Zinssatz  $k$  geschehen oder über einen Risikoabschlag vom erwarteten Cashflow  $E(Z_t)$ , also die Berechnung eines Sicherheitsäquivalents (via „unvollkommener Replikation“). (Grundsätzlich kann man eine beliebige zukünftige Periode  $t$  als repräsentative Periode und Grundlage der Berechnung der Kapitalkosten annehmen.)

$$W(Z_t) = \frac{E(Z_t) - \lambda_t \cdot R(Z_t) \cdot d}{(1 + r_f)^t} = \frac{E(Z_t)}{(1 + k)^t}$$

#### Formel 1

Primär führt die oben erläuterte Methode zu sogenannten Sicherheitsäquivalenten (**Formel 1**, linker Teil). Der Wert der Zahlung  $Z$  ist dabei deren Erwartungswert  $E(Z)$  abzüglich eines Risikoabschlags  $\pi_t^\sigma(Z_t)$ , der wiederum abhängt von der Risikomenge, ausgedrückt durch ein Risikomaß  $R(Z)$ , z. B. Standardabweichung oder Value-at-Risk, sowie dem „Preis des Risikos“ ( $\lambda$ ), der das Rendite-Risiko-Profil der Alternativinvestments ausdrückt (dabei ist  $d$  der Anteil der Risiken, den der Eigentümer unter Beachtung seiner Diversifikationsmöglichkeiten trägt).

Für die Bewertung (und für die Berechnung von  $k$ ) benötigt man nun die Größe  $\lambda_t$ . Für beliebige  $t$  gilt speziell unter den Annahmen eines (zeitinvarianten) Zinssatzes  $r_f$  für die risikolose Alternativanlage und einer lognormalverteilten Rendite  $r_m \sim LN(\mu_m'; \sigma_m')$  für die risikobehaftete Alternativanlage in einen Aktienmarktindex („empirisches Marktportfolio“; vgl. *Dorfleitner/Gleißner*, 2018):

$$\lambda_t^\sigma = \frac{e^{\frac{t \cdot \mu_m + t \cdot \sigma_m^2}{2}} - (1 + r_f)^t}{e^{\frac{t \cdot \mu_m + t \cdot \sigma_m^2}{2}} \cdot \sqrt{e^{t \cdot \sigma_m^2} - 1}}$$

#### Formel 2

Der Zähler der Gleichung stellt die Differenz aus dem Endvermögen eines Investments (in Höhe von 1) in den Aktienindex und dem Endvermögen eines Investments (gleicher Höhe) in risikolose Staatsanleihen dar (Übergewinn). Im Nenner steht die Standardabweichung des unsicheren Vermögens in Periode  $t$  bei einem Investment in den Aktienmarktindex. Die Größe  $\lambda_t^\sigma$  stellt damit eine Art Marktpreis des Risikos dar.

Mit dem Erwartungswert des Ertrags  $E(Z_t)$  und der Standardabweichung  $\sigma(Z_t)$  als Risikomaß  $R(Z)$

**Bewerten heißt  
vergleichen.**

## SCHWERPUNKT

ergibt sich durch Auflösen von **Formel 1** folgende Gleichung für den zeitinvariant angenommenen risikoadjustierten Zinssatz  $k$  (für  $\lambda_t \cdot \frac{\sigma(Z_t)}{E(Z_t)} \cdot d < 1$ , vgl. *Gleißner, 2017, S. 548*):

$$k = \frac{1+r_f}{\sqrt[3]{1-\lambda_t \cdot \frac{\sigma(Z_t)}{E(Z_t)} \cdot d}} - 1 = \frac{1+r_f}{\sqrt[3]{1-\lambda_t \cdot V(Z_t) \cdot d}} - 1$$

### Formel 3

Für einen konstanten Diskontierungssatz  $k$  muss man gemäß **Formel 3** akzeptieren, dass sich der Risikoabschlag  $\pi_t(Z_t)$  in einer klar definierten Weise mit der Zeit entwickelt, was durch Auflösen von **Formel 1** nach dem Risikoabschlag zu erkennen ist (vgl. *Gleißner, 2017*).

## 4. Bewertung der Investition im Fallbeispiel

Nachfolgend wird zu den bisherigen Daten der Investition (Abschnitt 2) nun der Diskontierungssatz direkt aus dem Risikoumfang, hier ausgedrückt durch die Standardabweichung als Risikomaß, abgeleitet. Verwendet wird hierbei die Risikoprofilmethode, d. h. das Projekt wird als Ganzes betrachtet und die Bewertung basiert auf den unsicheren Rückflüssen zum Projektende (in  $T = 3$ ; siehe zur Risikoprofilmethode *Dorfleitner/Gleißner, 2018*). Ausschüttungen von Überschüssen finden also nur einmal am Projektende statt. Ausgehend von obigen Erläuterungen kann man nun zunächst den risikoadäquaten Wert des Investitionsprojektes berechnen.

Für die nachfolgende Bewertung wird ein risikoloser Basiszinssatz  $r_f = 2\%$  angenommen. Legt man als Index den *STOXX EUR 600* zu Grunde, ergibt sich daraus ein „Marktpreis des Risikos“ von  $\lambda = 0,283$  für den Zeitraum eines Jahres. Diese Größe ist auch als Sharpe Ratio bekannt. Es ist zu beachten, dass nicht  $\lambda$  für eine Projektlaufzeit von einem Jahr ( $\lambda_1 = 0,283$ ), sondern das mit **Formel 2** bestimmte  $\lambda$  für die dreijährige Projektdauer ( $\lambda_3$ ) zu berechnen ist. Somit ergibt sich für eine Projektdauer von drei Jahren  $\lambda_3 = 0,472$ .

Für die Diversifikationseffekte sei hier angenommen, dass die Hälfte der in dem Projekt enthaltenen Risiken prinzipiell diversifizierbar und für den Eigentümer des Unternehmens damit nicht bewertungsrelevant sind (entsprechend den Annahmen an vollkommen diversifizierte Investoren des CAPM; ein mittelständischer, nicht diversifizierter Eigentümer eines Unternehmens würde von  $d=1$  ausgehen müssen, vgl. *Kerins/Smith/Smith, 2004; Gleißner, 2014*). In **Formel 2** wird daher mit dem Parameter  $d = 0,5$  gerechnet.

Bei Anwendung der skizzierten Risikoprofilmethode wird der Erwartungswert des Rückflusses  $Z$  am Projektende  $E(Z) = 9.687$  um einen Vorsichtsab-

schlag abhängig von der Standardabweichung  $\sigma(Z) = 3.692$  reduziert, um so ein Sicherheitsäquivalent zu erhalten. Dieses wird mit dem risikolosen Zinssatz  $r_f = 2\%$  über die drei Jahre auf die Gegenwart abgezinst. Entsprechend ergibt sich für den Projektwert

$$W(Z) = \frac{E(Z) - \lambda_t \cdot \sigma(Z) \cdot d}{(1+r_f)^3} = \frac{9.687 - 0,472 \cdot 3.692 \cdot 0,5}{(1+2\%)^3} = 8.306$$

### Formel 4

Dies stellt den Wert der unsicheren Rückzahlung (Zahlungsüberschuss des Projekts) dar. Bei den vorliegenden Daten ist das Rendite-Risiko-Profil des Investments also günstig, d. h. die Investition ist bei Abwägen von Rendite und Risiko durchzuführen. Der Nettokapitalwert drückt genau aus, welchen Vermögenszuwachs die Eigentümer des Unternehmens durch die Investition hätten (unter Vernachlässigung möglicher Risikodiversifikationseffekte im Unternehmenskontext).

Den berechneten Barwert der Investition kann man umformen, um – zu Vergleichszwecken – den zugehörigen risikoadjustierten Diskontierungssatz abzuleiten. Man erhält

$$W(Z_T^*) = \frac{E(Z_T^*) - \lambda_T \cdot R(Z_T^*)}{(1+r_f)^T} = \frac{E(Z_T^*)}{(1+k)^T}$$

$$k = \sqrt[3]{\frac{E(Z_T^*)}{W(Z_T^*)}} - 1 = \sqrt[3]{\frac{9.687}{8.306}} - 1 = 0,0526$$

### Formel 5

Also gilt im diskutierten Beispiel  $k = 5,26\%$ . Wenn die erwartete Rendite größer ist als der Kapitalkostensatz, ist das Investment sinnvoll, was hier der Fall ist.

Zudem erweist sich der ursprünglich angenommene Diskontierungssatz von  $8,0\%$  als zu hoch, was zu einer bisher zu schlechten Bewertung des Projekts geführt hat.

## 5. Bewertung von Risikomanagementmaßnahmen

Da das Risiko einer Investition maßgeblich durch die Unsicherheit der Planannahmen (im Beispiel Absatz und Rohstoffkosten) bestimmt ist, kann man versuchen diese Unsicherheiten zu reduzieren, um so eine aktive Steuerung des Investitionserfolgs zu erreichen. Es liegt nahe, die Beeinflussung der Variable mit dem stärksten Einfluss auf die Ergebnisgröße auszuwählen (siehe **Abb. 4**). Eine denkbare Maßnahme könnte die Deckelung der Rohstoffkosten durch Abschluss eines Optionsgeschäfts sein. Eine sogenannte Call-Option kann sicherstellen, dass die Stückkosten für Rohstoffe maximal  $0,35$  EUR betragen werden. Die Options-

**Erweist sich ein angenommener Diskontierungssatz als zu hoch oder zu niedrig, führt die Bewertung zu falschen Entscheidungen.**

Verfahren	Vergleich DCF-Verfahren		Unsicherheitsreduzierte Investition
	Simulationsbasiertes DCF-Verfahren	Risikoadjustierte DCF-Simulation	Risikoadjustierte DCF-Simulation
Diskontierungssatz	8,00%	5,26%	4,60%
Barwert	3.105	5.175	5.384
Barwert in Prozent der Investition	8,39%	13,99%	14,55%

Abb. 5: Vergleich der angewendeten Verfahren

prämie dafür soll 500 EUR betragen, die unabhängig davon anfallen, wie die tatsächliche Entwicklung der Rohstoffkosten sein wird.

Die Reduktion der Unsicherheit in den Rohstoffpreisen schlägt sich zunächst in der Höhe des risikoadjustierten Diskontierungssatzes nieder. Durch das Optionsgeschäft sinkt das Risiko (negative Marktpreisentwicklungen werden eliminiert), der Diskontierungssatz sinkt auf 4,60 %. Trotz des aufgrund der zu zahlenden Optionsprämie geringeren Cashflows steigt dadurch der Erwartungswert der Rendite auf 14,55 %. Alle Kennzahlen der drei Berechnungen (angenommener Diskontierungssatz von 8,0 %, risikoadjustierter Diskontierungssatz, unsicherheitsreduzierte Investition) im Vergleich zeigt **Abb. 5**.

Diese pro-aktive Beeinflussung des Investitionserfolgs und deren quantifizierte Auswirkung auf das Risiko der Investition wird erst durch die Anwendung der simulationsbasierten Investitionsrechnung möglich, da hier die Auswirkungen der Volatilität sichtbar gemacht werden. Dagegen würde im klassischen Verfahren jede zusätzliche Maßnahme (durch die mit ihr verbundenen Kosten) die Rendite senken. Das hier vorgestellte Verfahren macht die Effekte von Maßnahmen des Risikomanagements monetär bewertbar. So kann man einzelnen Maßnahmen nicht nur ein Preisschild, sondern auch einen monetär bewerteten Risikoreduktionsbeitrag und den Beitrag zum Unternehmenswert zuordnen.

## 6. Fazit

Risikobetrachtungen sind häufig relativ unsystematisch mit der eigentlichen Investitionsentscheidung verbunden, etwa in Form von Robustheits- und Sensitivitätsanalysen oder eines unabhängig von der Investition ermittelten Diskontierungssatzes. Der vorliegende Beitrag zeigt auf, wie Risiken von Anfang an bei der Bewertung von Investitionen mitgedacht und systematisch integriert werden können. Entscheider erhalten eine monetäre Bewertung des Risikos einer Investition in Form eines Sicherheitsäquivalents. Ebenso wird ein Diskontierungssatz ermittelt, der sich auf die konkret ermittelten Risiken einer Investition bezieht.

Eine auf einer Risikoanalyse basierende simulationsbasierte Bewertung von Investitionsprojekten hat eine Reihe Vorteile (vgl. *Gleißner*, 2019a):

- Die systematische Analyse bestehender Chancen und Risiken erlaubt eine transparente Überleitung üblicher Planwerte zu den bewertungsrelevanten Erwartungswerten, die sich im Mittel realisieren werden.
- Durch die mit der Risikoanalyse und Risikosimulation geschaffene Transparenz über die Planungssicherheit und damit das aggregierte Ertragsrisiko wird die Ableitung risikogerechter Kapitalkosten möglich. Erwartungswerte der Cashflows (im Zähler) und der Diskontierungssatz (im Nenner) werden so konsistent bestimmt, wodurch die Probleme von CAPM-Kapitalkosten vermieden werden.
- Neben einer „Stand-Alone-Bewertung“ eines einzelnen Investitionsprojektes ist auch eine risikoadäquate Beurteilung des Unternehmens mit bzw. ohne das Projekt möglich, womit auch Risikodiversifikationseffekte auf Unternehmensebene und die möglichen Auswirkungen einer Erhöhung der Insolvenzwahrscheinlichkeit für den Unternehmenswert berücksichtigt werden können (Was-wäre-wenn-Analyse des Unternehmens; siehe zur Wirkung des Insolvenzrisikos *Gleißner* 2019b).
- Schließlich werden durch die hier vorgestellte Methodik die Effekte von Maßnahmen des Risikomanagements monetär bewertet. Es ist nun ersichtlich, wie sich sowohl der risikoadjustierte Diskontierungssatz durch die Maßnahmen als auch der damit berechnete Kapitalwert verändert. Auf diese Weise kann man den einzelnen Maßnahmen nicht nur ein Preisschild, sondern auch einen monetär bewerteten Risikoreduktionsbeitrag zuordnen. Insgesamt können so konsistent die Kosten einer Maßnahme, wie z. B. der Kaufpreis einer Option, dem resultierenden Nutzen gegenübergestellt werden.

Es sind somit insbesondere die simulationsbasierten Bewertungen von Investitionsprojekten, die helfen, unternehmerische Entscheidungen adäquat vorzubereiten. Sie zeigen den Risikoumfang, der mit einer Entscheidung einhergeht, und erfassen diesen zugleich systematisch bei der Bewertung,

**Das Verfahren macht die Effekte von Maßnahmen des Risikomanagements monetär bewertbar.**



## SCHWERPUNKT

die damit eine adäquate Grundlage für eine Entscheidungsvorlage ist.

### Literatur

- Ballwieser, W., Verbindungen von Ertragswert- und Discounted-Cashflow-Verfahren, in: Peemöller (Hrsg.), Praxishandbuch der Unternehmensbewertung: Grundlagen und Methoden. Bewertungsverfahren. Besonderheiten bei der Bewertung, 7. Aufl., Herne 2019, S. 571–583.
- Dorfleitner, G./Gleißner, W., Valuing streams of risky cashflows with risk-value models, in: *Journal of Risk*, H. 3 (2018), S. 1–27.
- Duscher, I./Meyer, M./Spitzner, J., Volatilität kalkulieren und steuern mit simulationsbasiertem Investitionscontrolling, in: *Zeitschrift für Controlling und Management*, H. 2 (2012), S. 46–51.
- Gleißner, W., Kapitalmarktorientierte Unternehmensbewertung: Erkenntnisse der empirischen Kapitalmarktforschung und alternative Bewertungsmethoden, in: *Corporate Finance*, H. 4 (2014), S. 151–167.
- Gleißner, W., Grundlagen des Risikomanagements. Mit fundierten Informationen zu besseren Entscheidungen, 3. Aufl., München 2017.
- Gleißner, W., Wertorientierte Unternehmensführung, Strategie und Risiko, E-Book, 2019a.
- Gleißner, W., Cost of capital and probability of default in value-based risk management, in: *Management Research Review*, H. 11 (2019b), S. 1243–1258.
- Graumann, M./Linderhaus, H./Grundeis, J., Wann ist die Risikobereitschaft bei unternehmerischen Entscheidungen „in unzulässiger Weise überspannt“?, in: *BFuP*, H. 5 (2009), S. 492–505.
- Grisar, C./Meyer, M., Use of Monte Carlo simulation: an empirical study of German, Austrian and Swiss controlling departments, in: *Journal of Management Control*, H. 2–3 (2015), S. 249–273.
- Kerins, F./Smith, J. K./Smith, R., Opportunity Cost of Capital for Venture Capital Investors and Entrepreneurs, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis (JFQA)*, H. 2 (2004), S. 385–405.
- Lorscheid, I./Heine, B.-O./Meyer, M., Opening the 'black box' of simulations: increased transparency and effective communication through the systematic design of experiments, in: *Computational & Mathematical Organization Theory*, H. 1 (2012), S. 22–62.
- Meyer, M./Grisar, C./Kuhnert, F., The Impact of Biases on Simulation Based Risk Aggregation:

Modeling Cognitive Influences on Risk Assessment, in: *Journal of Management Control*, H. 1 (2011), S. 79–105.

- *Risk Management Association e. V.*, Managemententscheidungen unter Risiko. Haftung – Recht – Business Judgement Rule, Berlin 2019.
- Romeike, F./Spitzner, J., Von Szenarioanalyse bis Wargaming. Betriebswirtschaftliche Simulationen im Praxiseinsatz, Weinheim 2013.
- Rossi, M., The capital asset pricing model: a critical literature review, in: *Global Business and Economics Review*, H. 5 (2016), S. 604–617.
- Sarin, R. K./Weber, M.: Risk-value models, in: *European Journal of Operational Research*, H. 2 (1993), S. 135–149.

### Literaturtipps aus dem Online-Archiv

<http://elibrary.vahlen.de>

- Christian Herrmann und Henner Brenken, Verknüpfung von residualgewinnbasierter Investitionsrechnung und periodischer Steuerung, Ausgabe 2/2011, S. 118–124.
- Wolfgang Becker und Patrick Ulrich, Investitions- und Anlagencontrolling im Mittelstand, Ausgabe 1/2018, S. 4–10.
- Armin Köster, Nachhaltige Investitionsplanung in der Unternehmensbewertung, Ausgabe 11/2013, S. 625–633.

### Stichwörter

# Diskontierungszinssatz # Investitionscontrolling # Investitionsrechnung # Projektwert # Risikoadequate Bewertung # Risikosimulation

### Keywords

# discount rate # investment appraisal # investment control # project value # risk-adequate valuation # risk simulation

### Summary

Risk assessments often are an „add on” with investment decisions, for example in terms of sensitivity analysis or a discount rate being determined irrespective of the investment. We show how risks can be taken into account from the very beginning of investment valuation. Decision makers receive a monetary valuation of an investment risk in form of a discount rate, referring to risks being precisely determined by Monte Carlo simulation.