

Finanzwirtschaft der Unternehmung

Perridon / Steiner / Rathgeber

18. Auflage 2022
ISBN 978-3-8006-6816-8
Vahlen

schnell und portofrei erhältlich bei
beck-shop.de

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de steht für Kompetenz aus Tradition. Sie gründet auf über 250 Jahre juristische Fachbuch-Erfahrung durch die Verlage C.H.BECK und Franz Vahlen.

beck-shop.de hält Fachinformationen in allen gängigen Medienformaten bereit: über 12 Millionen Bücher, eBooks, Loseblattwerke, Zeitschriften, DVDs, Online-Datenbanken und Seminare. Besonders geschätzt wird beck-shop.de für sein umfassendes Spezialsortiment im Bereich Recht, Steuern und Wirtschaft mit rund 700.000 lieferbaren Fachbuchtiteln.

dd) Investitionsentscheidung auf Basis von Kapitalmarktgleichgewichtsmodellen

Wie sich unter Sicherheit am Kapitalmarkt der risikolose Zins für den Konsumverzicht einstellt (vgl. Fisher-Separation, Abschnitt B I 1 c), stellt sich am Kapitalmarkt unter Unsicherheit für jedes eingegangene Risiko ein spezifischer Preis ein. Kapitalmarktanleger gehen Risiko nach ihren individuellen Risikonutzenfunktionen ein. Stärker Risikoaversen versichern sich bei weniger Risikoaversen durch Verkauf der Risikoposition. Der sich so einstellende Marktpreis des Risikos bietet gleichzeitig das Entscheidungskriterium für die Investition in riskante Realinvestitionen. Nur Investitionen, die sich mindestens so hoch verzinsen wie der Marktpreis des Risikos, werden durchgeführt. Die Investitionsentscheidung wird somit unabhängig von der Risikopräferenz des Einzelnen, wodurch allgemein gültige Entscheidungen möglich werden.

Es liegt wieder ein Separationstheorem vor, die sogenannte „**Two Fund**“- oder auch **Tobin-Separation**. Diese besagt, dass die Zusammensetzung des riskanten Teils eines Portefeuilles unabhängig ist von der Risikopräferenz. Die individuelle Risikopräferenz entscheidet nur über die Höhe der Beimischung einer risikolosen Anlage in das jeweilige Portefeuille. Der Preis riskanter Anlagen ist damit unabhängig von der individuellen Risikopräferenz. Die Annahme eines vollkommenen Kapitalmarkts unter Risiko wird hierbei weniger als zu kritisierende Annahme betrachtet, sondern im Gegenteil als elegante Möglichkeit, logisch einwandfrei eine allgemein gültige Lösung abzuleiten. Es sei dann der empirische Überprüfung der Ergebnisse überlassen, ob diese Annahme annähernd oder plausibel erfüllt ist.

Die Investitionsentscheidung unter Unsicherheit ähnelt derjenigen bei Sicherheit verblüffend.

Da durch die Einbeziehung des Kapitalmarkts sowohl unterschiedliche Konsum- als auch Risikopräferenzen die optimale Entscheidung nicht beeinflussen, kann wieder die Kapitalwertmethode herangezogen werden.

Die sicheren Rückflüsse werden durch den Erwartungswert $E(Z_t)$ der Zufallsvariable „unsichere Rückflüsse“ ersetzt und als Diskontierungssatz R dient der sich am Kapitalmarkt bildende Marktpreis für die jeweiligen Risiken.

$$C_0 = \sum_{t=0}^n \frac{E(Z_t)}{1 + R_i}$$

Es gelten alle Aussagen, die schon unter Sicherheit getroffen wurden. Dies ist ein Hinweis darauf, dass auch aus vermeintlich unrealistischen Annahmen, wie Sicherheit, bereits sehr viel Nützliches über die komplexe reale Welt abgeleitet werden kann.

Das Kernproblem besteht in der Ermittlung des risikoadäquaten Kapitalmarktzinsatzes. Diese zentrale Frage der modernen Finanzierungstheorie wurde erstmalig geschlossen durch das **Capital Asset Pricing Modell** (CAPM) 1964 gelöst. Seitdem sind mehrere Modelle hinzugekommen wie die Arbitrage Pricing Modelle oder Mehrfaktorenmodelle.

In der weltweiten Lehrbuchliteratur wird für Investitionsentscheidungen fast ausschließlich das CAPM verwendet. (Zur Herleitung und Kritik siehe Abschnitt C IV 2b).

Da nach den Annahmen des CAPM alle Anleger Anteile am Marktportefeuille halten, zählt für sie nicht das gesamte Risiko einer Investition, sondern nur der Teil, der durch

diese Investition zum Marktportefeuille hinzugefügt wird, das sogenannte systematische oder β -Risiko. Dieses β -Risiko bestimmt die Risikogleichgewichtsrendite in der Form

$$R_i = R_f + (R_m - R_f) \cdot \beta \text{ mit } R_f = \text{risikoloser Zinssatz und } R_m = \text{Rendite des Marktportefeuilles.}$$

Zu beachten ist hier, dass nicht das Risiko des Eigenkapitals oder des Unternehmens den Diskontierungsfaktor bestimmt, sondern das **systematische Risiko** der Investition, unabhängig von dem Risiko des Unternehmens, das die Investition durchführt.

Die in den Diskontierungsfaktoren impliziten Kalkulationszinsätze bringen die risiko-adäquaten Opportunitätskosten zum Ausdruck, also diejenige Renditeforderung bzw. Renditeerwartung, welche der Anleger für gleich riskante Anlagen am Kapitalmarkt erzielen will bzw. zu erzielen hofft und die sich deshalb am Kapitalmarkt als Marktpreise bilden.

Diese Renditeerwartungen bzw. Renditeforderungen werden als Kapitalkosten bezeichnet. Zur Erläuterung der Vorgehensweise wird das Kalkül der semi-subjektiven Bewertung in *Abbildung B 62* fortgesetzt.

Beispiel zur Investitionsbewertung mithilfe des CAPM

Zur Erläuterung des Kalküls wird wiederum auf das Ausgangsbeispiel bei Anlage B und die Informationen aus *Abbildung B 61* zurückgegriffen. Ferner gelten die Daten bzgl. Unsicherheit der Absatzzahlen wie im subjektiven Kalkül. Zusätzlich sind nun Marktdaten vorhanden: Dem Investitionsprojekt kann ein konstanter Betafaktor von $\beta = 1,2$ zugeordnet werden. Die Rendite des Marktportefeuilles $E[R_m]$ beträgt in beiden Perioden 15 %. Das CAPM gilt in allen Perioden gleichermaßen.

Somit lässt sich der risikoadjustierte Zins als

$$R_i = 10\% + (15\% - 10\%) \cdot 1,2 = 16\%$$

bestimmen. Der Kapitalwert des Projekts errechnet sich damit zu

$$C_0 = -30.000 + \frac{22.668}{1+16\%} + \frac{24.1921}{(1+16\%)^2} = 7.455$$

Auch in diesem Beispiel ist der Wert deutlich unter dem Wert bei Sicherheit, da die Abzinsung mit dem höheren Zins stärker zu Buche schlägt.

Abb. B 62: Beispiel zur Investitionsbewertung mithilfe des CAPM

Am Kapitalmarkt stellt sich unter Unsicherheit für jedes eingegangene Risiko ein spezifischer Preis ein.

Aus dem oben Gesagten folgt, dass für Investitionsentscheidungen immer die Kapitalkosten des Projekts und nicht die Kapitalkosten des Unternehmens relevant sind.

Beispiel zur Investitionsbewertung mithilfe des CAPM und projektspezifischen Betafaktoren

In Erweiterung des Beispiels auf *Abbildung B 62* wird nun davon ausgegangen, dass das Unternehmen über 2 Divisionen verfügt, die in unterschiedlichen Geschäftsfeldern tätig sind. Die erste Division operiert in einem Geschäftsgebiet, sodass deren Geschäfte ein konstanter Betafaktor von $\beta_{11} = 1,2$ zugeordnet werden kann. Die Geschäfte der zweiten Division sind mit einem Betafaktor $\beta_{12} = 0,6$ als Risikomaß weniger riskant.

Aus den Betafaktoren lässt sich dann ein risikoadjustierter Zins für Division 2 zu

$$R_{12} = 10\% - (15\% - 10\%) \cdot 0,6 = 13\%$$

berechnen. Der für die erste Division beträgt $R_{11} = 16\%$ (siehe *Abbildung B 62*).

Division 1 und 2 sind in etwa gleich groß, sodass das gesamte Unternehmen einen durchschnittlichen risikoadjustierten Zinssatz von

$$R_i = \frac{R_{11} + R_{12}}{2} = 14,5\%$$

aufweist.

Den Divisionen stehen zwei Investitionsprojekte zur Auswahl, Division 1 Investition 1, Division 2 Investition 2, mit nachfolgenden Zahlungsströmen:

Zeitpunkt	0	1	2
Investition 1	-30.000 GE	14.000 GE	24.000 GE
Investition 2	-17.500 GE	6.000 GE	16.000 GE

Bestimmt man nun den Kapitalwert des Investitionsprojekt 1 mit dem unternehmenseinheitlichen Durchschnittszinssatz von 14,5% beträgt dieser

$$KW_{1d} = -30.000 \text{ GE} + \frac{14.000 \text{ GE}}{1+14,5\%} + \frac{24.000 \text{ GE}}{(1+14,5\%)^2} = 533,36 \text{ GE}$$

und ist positiv. Der Wert bei Investition 2 dagegen ist negativ und beträgt

$$KW_{2d} = -55,63 \text{ GE}.$$

Dieses Kalkül suggeriert, dass Investition 1 durchgeführt werden soll, Investition 2 unterbleiben soll. Allerdings wurde Investition 1 mit einem zu niedrigen Zinssatz und 2 mit einem zu hohen Zinssatz kalkuliert. Das richtige Kalkül für 1 ist die Benutzung des projektspezifischen Beta und damit eines Zinssatzes von 16%. Damit ergibt sich

$$KW_1 = -30.000 \text{ GE} + \frac{14.000 \text{ GE}}{1+16\%} + \frac{24.000 \text{ GE}}{(1+16\%)^2} = -95,12 \text{ GE}.$$

Für Investition 2 ergibt sich demzufolge

$$W_1 = -17.500 \text{ GE} + \frac{6.000 \text{ GE}}{1+13\%} + \frac{16.000 \text{ GE}}{(1+13\%)^2} = 340,08 \text{ GE}.$$

Damit ist der Kapitalwert bei 1 negativ und bei 2 positiv, was die Investitionsentscheidung nun genau ins Gegenteil kehrt. Würde das Unternehmen einen unternehmenseinheitlichen Zinssatz verwenden, würde das Projekt einer risikoärmeren Division wird tendenziell schlechter, dass der risikoreicheren Division tendenziell besser gerechnet. Somit gäbe es eine Tendenz risikoreichere Projekte vorzuziehen. Im langen Ende würde dann aber den Anteil der risikoreicheren Division am Gesamtunternehmen und damit auch der Zinssätze wie der Betafaktor steigen, bis das Unternehmen nur noch Projekte in der risikoreichen Division und mit dem hohen Betafaktor durchführt. Die risikoärmere Division würde aufhören zu bestehen, da Unternehmen die ausschließlich in diesem Geschäftsfeld tätig sind, die Investitionen mit dem korrekten Zinssatz kalkulieren und durchführen würden. Deswegen sollte der Zinssatz immer projektspezifisch und nicht unternehmensweit bestimmt werden.

Abb. B 63: Beispiel zur Investitionsbewertung mithilfe des CAPM mit projektspezifischem Betafaktor

Falls die β von Investitionsprojekten nicht über Kapitalmarktdaten geschätzt werden können, kann man analytisch über die Konjunkturabhängigkeit der einzelnen mit der Investition verbundenen Zahlungen und den Operating Leverage (Verhältnis von fixen zu variablen Bestandteilen der Produktionskosten) das **Investitions- β** schätzen. In jedem Fall ist von allgemeinen Risikoanpassungen abzusehen, da nur das systematische Risiko entscheidungsrelevant ist.

Mit der Einbeziehung der Unsicherheit in die Investitionsentscheidung wird auch die Frage der Berücksichtigung der Finanzierung in der Investitionsrechnung relevant. Da unterschiedliche Finanzierungsarten auch unterschiedliche Kapitalkosten aufweisen, könnten unterschiedliche Finanzstrukturen auch unterschiedliche durchschnittliche Kapitalkosten und damit auch unterschiedlich Diskontierungssätze erfordern. Hierzu existieren unterschiedliche Verfahren der Einbeziehung (**WACC, APV**) (siehe *Abschnitt C III 2 b*). Die moderne Finanzierungstheorie ist sich allerdings nicht sicher, ob tatsächlich von der Finanzierung Einflüsse auf die Kapitalkosten ausgehen. Deshalb ist es häufig ausreichend, Investitionen bei der Beurteilung so zu behandeln, als ob sie voll eigenfinanziert wären (vgl. *Abschnitt D IV*).

Die Anwendungsprobleme bestehen in der Ermittlung von β und der Ermittlung von Erwartungswerten der Rückflüsse.

Die richtige Schätzung der Verteilung und damit des Erwartungswerts der Rückflüsse stellt das Zentralproblem der Entscheidung dar. Neben den konzeptionellen Problemen – wie relevante oder nicht relevante Zahlungen, Inflation und Steuern – bleibt vor allem das Problem der Ermittlung der wahrscheinlichen (tatsächlichen) Höhe.

Dieses Problem ist so gravierend, dass es häufig sogar mit der tatsächlichen Investitionsentscheidung verwechselt wird. So werden Sensitivitätsanalyse, Monte Carlo Simulation und Entscheidungsbaumverfahren oft als Investitionsentscheidungsverfahren unter Unsicherheit bezeichnet, stellen aber eigentlich nur Verfahren zur besseren Schätzung der Erwartungswerte der Rückflüsse (Cashflows) dar oder zeigen unterschiedliche Realoptionen auf, wie Handlungsmöglichkeiten zukünftige Rückflüsse beeinflussen.

d) Sensitivitätsanalyse

Eine spezifische Rechentechnik, die der Eingrenzung und Absicherung von unsicheren Größen dient, ist die **Methode der kritischen Werte** oder die Sensitivitätsanalyse. Ausgehend von den grundsätzlich möglichen Verfahren zur Beurteilung einer Investition – Kosten-, Gewinnvergleich-, Kapitalwertmethode o.ä. – soll die Sensitivitätsanalyse Antwort auf die Frage geben, wie weit eine Größe von ihrem ursprünglichen Wertansatz abweichen kann, ohne dass das Ergebnis einen festgelegten Wert über- oder unterschreitet, oder in welchem Maße sich ein Ergebnis ändert, wenn eine oder mehrere Inputgrößen von ihrem ursprünglichen Wertansatz abweichen.¹¹¹

Wird wie oben der Kapitalwert für die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer Investition herangezogen, erkennt man an folgender Formel die Abhängigkeit des Zielwertes von den Variablen i , E_t , A_t und n (= Investitionslaufzeit):

$$C_0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{E_t - A_t}{(1+i)^t}$$

¹¹¹ Vgl. Blohm, Lüder, Schaefer, Investition, 2012, S. 212; Hax, Investitionstheorie, 1993, S. 122 ff.

Die Einzahlungsbeträge E_t hängen im Wesentlichen von den abgesetzten Produktmengen x_t und den Produktpreisen p_t in der jeweiligen Periode t ab. Die Auszahlungsbeträge A_t enthalten einmal sämtliche Beträge für die Bereitstellung von Arbeitskräften, für dispositive Aufgaben, deren Höhe vom Produktions- und Absatzvolumen unabhängig ist, und auch alle zur mengenmäßigen Produktion proportionalen Beträge.¹¹² Geht man hiervon aus, kann die Kapitalwertfunktion wie folgt formuliert werden:

$$C_0 = \sum_{t=0}^n \frac{x_t(p_t - k_t) - A_{ft}}{(1+i)^t} - I_0$$

I_0 = Kapitaleinsatz für das Investitionsprojekt

x_t = Absatzmenge in Periode t

p_t = Absatzpreis in Periode t

k_t = Faktorpreis in Periode t

A_{ft} = von Produktions- und Absatzvolumen unabhängige Auszahlungen (Gehälter)

Die Methodik der Sensitivitätsanalyse besteht darin, dass man diese Gleichung nach den Variablen auflöst, die als besonders unsicher angesehen werden, während man die anderen Größen als gegeben (sicher) erachtet.

Der kritische Wert bei positiver Abhängigkeit zwischen Variablen (etwa der Absatzmenge) und Kapitalwert ist derjenige Variablenwert, bei dem sich ein Kapitalwert von Null errechnet. Für kleinere Variablenwerte wird der Kapitalwert negativ.¹¹³

Bei negativer Abhängigkeit (mit steigendem Variablenwert, etwa Faktorpreis, sinkt der Kapitalwert) gibt der kritische Wert die Obergrenze an, die die betreffende Variable nicht überschreiten darf, damit das Investitionsvorhaben nicht unvorteilhaft wird.¹¹⁴ Je weiter die Bandbreite der unsicheren Variablen über (unter) dem kritischen Wert liegt, desto „sicherer“ ist der Zielbeitrag der Investition bezüglich dieser Größe. Beispielehaft für die Bestimmung von kritischen Werten wird die Ermittlung der kritischen Absatzmenge dargestellt.

Besonders unsicher sind bei vielen Investitionsrechnungen die Prognosen über die möglichen Absatzmengen. Eine vorsichtige Einschätzung der zukünftigen Situation ist sicherlich angebracht, denn das zukünftige Absatzvolumen beeinflusst nicht nur die Investitionsentscheidungen, sondern alle betrieblichen Teilbereiche. Aus diesem Grunde beschränkt man sich bei der Mengenplanung auf die Angabe eines bestimmten Intervalls, sodass hier die Methode des kritischen Wertes eine zweckmäßige Ergänzung bildet.

Die **kritische Absatzmenge** stellt erstens die Untergrenze dar, bei deren Unterschreiten sich die Investition nicht einmal mehr zum Kalkulationszinsfuß verzinst. Zweitens vermittelt sie im Vergleich mit der prognostizierten Absatzmenge einen Eindruck von der Sicherheit des Investitionsprojektes. Liegt die geplante Absatzmenge deutlich genug über der kritischen Menge, so ist das Vorhaben ziemlich sicher wirtschaftlich; mit anderen Worten, es kann selbst unter Einbeziehung von Risiko damit gerechnet werden, dass der Kapitalwert positiv ist.

¹¹² Vgl. Kilger, Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung, 1965, S. 339.

¹¹³ Vgl. Kilger, Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung, 1965, S. 341.

¹¹⁴ Vgl. Schneider, Wirtschaftlichkeitsrechnung, 1973, S. 62f.

Setzt man voraus, dass nur eine Anfangsauszahlung im Zeitpunkt Null anfällt und die ausbringungsunabhängigen Auszahlungen im Zeitablauf nicht verändert werden und die Absatzpreise sowie die Faktorpreise konstant sind, erhält man unter Berücksichtigung obiger Gleichung folgenden Ausdruck für die kritische Absatzmenge:¹¹⁵

$$x_k = \frac{A_f + [I_0 \cdot a(i, n)]}{p - k}$$

A_f = ausbringungsunabhängige Auszahlung pro Periode

I_0 = Anschaffungsauszahlung im Zeitpunkt Null

$a(i, n)$ = Wiedergewinnungsfaktor beim Kalkulationszinsfuß i und einer Investitionslaufzeit von n Jahren

p = Preis für abgesetzte Einheiten

k = mengeninduzierte Auszahlungen pro Einheit

Bei einer Auszahlung von 1.600.000 GE im Zeitpunkt Null, einer Nutzungsdauer von 10 Jahren, einem Kalkulationszinssatz von 8%, laufenden fixen Auszahlungen von 300.000 GE und einem Absatzpreis von 20 GE/ME sowie variablen Kosten von 10 GE/ME für die Produktionsfaktoren erhält man eine kritische Menge von

$$x_k = \frac{300.000 + 1.600.000 \cdot 0,14903}{20 - 10} = 53.845 \text{ ME}$$

pro Periode, die nicht unterschritten werden darf, wenn die Vorteilhaftigkeit dieser Investition gewährleistet sein soll.

Es empfiehlt sich, den kritischen Wert in Prozent der zugehörigen Plangröße anzugeben, um eine Messzahl zu erhalten, die besagt, dass in den einzelnen Perioden die Absatzmenge höchstens um $x\%$ unter den Planangaben liegen darf, wenn die Investition gerade noch den Kalkulationszinsfuß erwirtschaften soll.

Analog hierzu lassen sich kritische Werte für alle in der Zielfunktion angesetzten Variablen ermitteln.

Neben der Bestimmung kritischer Werte kann mithilfe der Sensitivitätsanalyse die Veränderung des Kapitalwertes bei Variation der unsicheren Einflussgrößen untersucht werden.

Dabei können die Einflussgrößen willkürlich um einen bestimmten Betrag oder Prozentsatz vom Ausgangswert verändert werden oder aber für die betreffenden Werte eine optimistische oder pessimistische Einschätzung der zukünftigen Situation zugrunde gelegt werden. Wird die Veränderung der unsicheren Einflussgröße der jeweils resultierenden Veränderung des Kapitalwertes gegenübergestellt, ist man somit in der Lage, Aussagen darüber zu machen, um welchen Prozentsatz sich der Kapitalwert eines Investitionsvorhabens ändert, wenn für die Einflussgröße bestimmte, in Zukunft für möglich gehaltene Änderungen angesetzt werden (z. B.: Bei einer Absatzpreisminderung um 10% sinkt der Kapitalwert c. p. um 30%).

Beurteilung des Verfahrens

Als Nachteil dieser Methode erweist sich die für eine Periodenanalyse typische isolierte Betrachtungsweise. Die Analyse bezieht sich nur auf jeweils eine Größe, wobei die

¹¹⁵ Vgl. Kilger, Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung, 1965, S. 340.

anderen unsicheren Größen als konstant vorausgesetzt werden. Es ist allerdings auch möglich, diese Analyse für mehrere Variablen gleichzeitig durchzuführen.

Wird eine Globalanalyse vorgenommen oder eine Variation mehrerer Inputgrößen zugelassen, so muss vorausgesetzt werden, dass die unterstellten funktionalen Abhängigkeiten zwischen diesen Größen richtig wiedergegeben werden. Außerdem muss eine Abweichung mit gleicher Wahrscheinlichkeit für positive und negative Änderungen auftreten können.¹¹⁶

Eine Lösung für das Investitionsentscheidungsproblem kann sowohl die Methode der kritischen Werte als auch die Sensitivitätsanalyse nicht bieten. Sie vermitteln aber wertvolle Einblicke in die Struktur eines Investitionsvorhabens, insbesondere liefern sie zusätzliche Informationen über die unsicheren Größen. Man ermittelt nicht nur einen kritischen Bereich der Inputgrößen, sondern auch einen Bereich, in dem die Zielgrößen sehr wahrscheinlich liegen werden, woraus wiederum Aussagen über die Sicherheit eines Investitionsvorhabens gemacht werden können.¹¹⁷

e) Risikoanalyse

aa) Einsatzbereich und Verfahrensablauf

Risikoanalyse ist der Sammelbegriff für Operations-Research-Verfahren, mit denen die Wahrscheinlichkeitsverteilungen einzelner unsicherer Daten so überlagert werden, dass nach Anwendung der Verfahren eine einzige Verteilung für das Entscheidungskriterium der Investitionsrechnung entsteht.¹¹⁸ Bspw. lässt sich mit der Risikoanalyse aus den Beschaffungs- und Absatzschätzungen für ein Investitionsprojekt die Wahrscheinlichkeitsverteilung seiner Zahlungsströme ermitteln. Andererseits, und hier liegen die Grenzen des Verfahrens, wird nicht angegeben, ob das zugehörige Projekt vorteilhaft ist. Aus diesem Grund ergänzt die Risikoanalyse als entscheidungsvorbereitende Technik grundsätzlich alle Investitionsentscheidungsmodelle unter Unsicherheit.

Aufgrund der Freiheiten, die das Verfahren bei der Modellbildung erlaubt, ist seine Anwendung nicht auf die Investitionsrechnung beschränkt, sondern auch in verschiedenen anderen Bereichen, wie etwa der Finanzplanung, möglich.

Verfahrensschritte

Die Durchführung der Risikoanalyse erfordert das Durchlaufen folgender drei Schritte:¹¹⁹

1. Voruntersuchung und Modellbildung

Die oben angesprochene Universalität der Risikoanalyse drückt sich bei der Modellbildung in nur einer zwingenden Restriktion aus:¹²⁰ Im Modell muss das Entscheidungskriterium in Abhängigkeit von Inputdaten dargestellt sein, die entweder deterministisch oder stochastisch sind.

¹¹⁶ Vgl. Blohm, Lüder, Schäfer, Investition, 2012, S. 218.

¹¹⁷ Vgl. Kilger, Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung, 1965, S. 341; Schneider, Wirtschaftlichkeitsrechnung, 1973, S. 63; Hax, Investitionstheorie, 1985, S. 132f.

¹¹⁸ Vgl. Schindel, Risikoanalyse, 1977, S. 30.

¹¹⁹ Vgl. Müller-Merbach, Risikoanalyse, 1971, S. 180; Diruf, Die quantitative Risikoanalyse, 1972, S. 823.

¹²⁰ Vgl. Müller-Merbach, Risikoanalyse, 1971, S. 180 f.; Schindel, Risikoanalyse, 1977, S. 31 f.

Die Voruntersuchung und Modellbildung ist ein grundlegender Schritt. Insbesondere muss das basierende Investitionsrechenverfahren gewählt werden. Die nachfolgende, schrittweise Verfeinerung des gewählten Grundmodells wird sich zum einen an der Beschaffbarkeit von Wahrscheinlichkeiten und zum anderen an der Beachtung von Abhängigkeiten stochastischer und deterministischer Art orientieren. Die konjunkturelle Entwicklung als Beispiel wird sich bei langfristigen Investitionen auf Absatzpreis und -menge auswirken. Bei guter (schlechter) Entwicklung werden nämlich beide Größen steigen (sinken). Würden unabhängige Verteilungen für Preis und Menge eingesetzt, so würde die Schwankungsbreite möglicher Ergebnisse des Investitionsprojekts unterschätzt.

2. Datenbeschaffung

Aus dem Modell heraus ergeben sich die zu schätzenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Die benötigten Daten können dabei mithilfe von Prognoseverfahren beschafft werden (vgl. *Abschnitt F II*).

Grundsätzlich werden die Probleme der Datenschätzung durch die Risikoanalyse nicht beseitigt, sondern nur deren Auswirkungen gemildert, weil das Modell bewusst so gebildet werden kann, dass die Daten für den Planenden vorstellbar sind. Einfacher zu schätzen sind z.B. Verteilungen der Verkaufsmengen, Preisentwicklungen, Ausfallwahrscheinlichkeiten von Maschinen u.ä., während eine direkte Schätzung des Kapitalwerts kaum sinnvoll möglich und nachvollziehbar sein kann.

3. Berechnung und Darstellung der Ergebnisverteilung

Die Verarbeitung der Inputdaten kann grundsätzlich auf verschiedene Arten erfolgen. Zu nennen sind hier etwa die **Vollenumeration, analytische Ansätze** oder die **Monte-Carlo-Methode**. **Analytische Ansätze** errechnen auf der Basis des Grenzwertatzes der Statistik die Ergebnisverteilung. Allerdings sind analytischen Rechnungen durch restriktive Annahmen enge Grenzen gesetzt.¹²¹

Die wachsende Leistungsfähigkeit moderner IT-Systeme favorisiert jedoch die **Simulation** mit Zufallszahlen, auch **Monte-Carlo-Methode** genannt. Im Mittelpunkt der Simulation steht ein Zufallszahlengenerator, mit dessen Hilfe Zufallszahlen erzeugt werden können, deren Verteilung der jeweils betrachteten Wahrscheinlichkeitsverteilung entspricht. In jedem Simulationsdurchlauf wird für jede Einflussgröße ein Wert durch Zufallsauswahl realisiert, der Ergebniswert wird mit den Realisationen aller Einflussgrößen errechnet. Nach einer genügend großen Anzahl von Durchläufen können dann die Wahrscheinlichkeitsverteilung und interessierende Kennziffern, wie Erwartungswert, Varianz und Konfidenzintervalle, berechnet werden. Hilfreich für das Vorstellungsvermögen kann darüber hinaus eine graphische Abbildung der Ergebnisverteilung sein.

Der große Vorteil einer simulativen Risikoanalyse gegenüber analytischen Lösungen ist darin zu sehen, dass völlige Freiheit bei der Modellierung und Datenschätzung besteht. Hierdurch wird es möglich, Abhängigkeiten so in das Modell einzubeziehen, dass sie der Vorstellung der Planenden entsprechen. Der Einfluss der konjunkturellen Entwicklung auf die Absatzmengenverteilung kann etwa durch die Korrelationen beider Größen berücksichtigt werden; man kann aber auch den Erwartungswert der Absatz-

¹²¹ Vgl. Hillier, Information, 1963, S. 448 und die Weiterentwicklungen von Wagle, Analysis, 1967, S. 20ff. und Jöckel, Pflaumer, Investitionsrechnung, 1981, S. 41 ff.