

COMPUTERGESTÜTZTES **CONTROLLING**

ARBEITSBERICHTE

NR. 27

**Heinz Lothar Grob
Jan Hermans**

Risiko-Chancen-Analyse mit Value at Risk bei Investitionsentscheidungen

Dezember 2007

HERAUSGEBER:

**PROF. DR. HEINZ LOTHAR GROB
INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSINFORMATIK
WESTFÄLISCHE WILHELMS-UNIVERSITÄT MÜNSTER**

Inhalt

1	Problemstellung	1
2	Einführung in die Risiko-Chancen-Analyse	3
3	Erweiterung der Risiko-Chancen-Analyse um das Value at Risk-Konzept	8
4	Anwendungsbeispiel	12
	4.1 Datensituation	12
	4.2 Anwendung des erweiterten Vorgehensmodells	13
5	Zusammenfassung und Ausblick	16
	Literatur	17

1 Problemstellung

Investitionsentscheidungen sind stets unter Unsicherheit zu treffen.¹ Der Entscheidungsträger kann dabei nicht mit hinreichender Genauigkeit den Zusammenhang zwischen den Einflussgrößen und der Zielfunktion seines Entscheidungsproblems formulieren. Hinzu kommt, dass die Werte der Einflussgrößen regelmäßig subjektiv zu schätzen sind. Die Verdichtung dieser Plan- und Prognosedaten zu Zielwerten erfolgt mithilfe von Methoden der Investitionsrechnung. Eine methodische Unterstützung zur Handhabung des Entscheidungsproblems ist unerlässlich. Im Folgenden wird die Vollständige Finanzplanung verwendet, in deren Mittelpunkt VOFI – ein Akronym für Vollständiger Finanzplan – steht. In einem VOFI werden sämtliche einer Investition zuzurechnende Ein- und Auszahlungen unter Berücksichtigung von Eigenkapital- und Fremdkapitaldispositionen, Re- und Ergänzungsdispositionen sowie Ertragssteuerzahlungen zu einem monetären Zielwert (z. B. dem Endwert) verdichtet.² Im Gegensatz zu den klassischen Methoden der Investitionsrechnung (z. B. der Kapitalwertmethode) werden im VOFI verschiedene Konditionen auf dem Finanzierungssektor explizit berücksichtigt. Auch ist die steuerliche Seite beliebig detailliert darstellbar. Der Aufbau eines VOFIs ist in Abb. 1 dargestellt worden.

Im folgenden Beitrag wird zunächst dargestellt, wie VOFI um eine Risiko-Chancen-Analyse erweitert werden kann. Anschließend wird gezeigt, wie das aus der Portfoliotheorie bekannte Value at Risk-Konzept in die Risiko-Chancen-Analyse integrierbar ist.

Die Risiko-Chancen-Analyse stellt ein bewährtes Verfahren zur Entscheidungsunterstützung dar, das den Vergleich verschiedener Alternativen unter Berücksichtigung von Unsicherheit ermöglicht.³ Auf Basis stochastischer Annahmen für unsichere Eingangsgrößen werden für die Zielgrößen der vom Risiko her akzeptablen Alternativen sog. Risiko- und Chancen-Profile ermittelt. Die Akzeptanz der Alternativen wird durch das Value at Risk-Konzept ermittelt. Die Profile der zu betrachtenden Alternativen ermöglichen, Aussagen über die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Zielgröße treffen. Durch den Vergleich der Risiko- oder Chancen-Profile können die Alternativen in eine Rangfolge gebracht werden. Zur Durchführung der Risiko-Chancen-Analyse ist die Unterstützung durch ein Softwarewerkzeug erforderlich. In diesem Beitrag wird dafür das in der Praxis weit verbreitete Softwareprodukt Crystal Ball eingesetzt, das als Plugin für Tabellenkalkulationsverfahren entwickelt worden ist. Im Folgenden wird als Beispiel für ein Tabellenkalkulationsverfahren Microsoft Excel verwendet.

¹ Vgl. z. B. Adam, D. (2000), S. 1; Blohm, H., Lüder, K. (1995), S. 247; Grob, H. L. (2006), S. 427; Kruschwitz, L. (1993), S. 243.

² Vgl. Grob, H. L. (2006), S. 272 ff.

³ Vgl. z. B. Adam, D. (1996), S. 265 ff; Grob, H. L. (2006), S. 488 ff; Hanf, C.-H. (1986), S. 77 ff; Hertz, D. B. (1964)

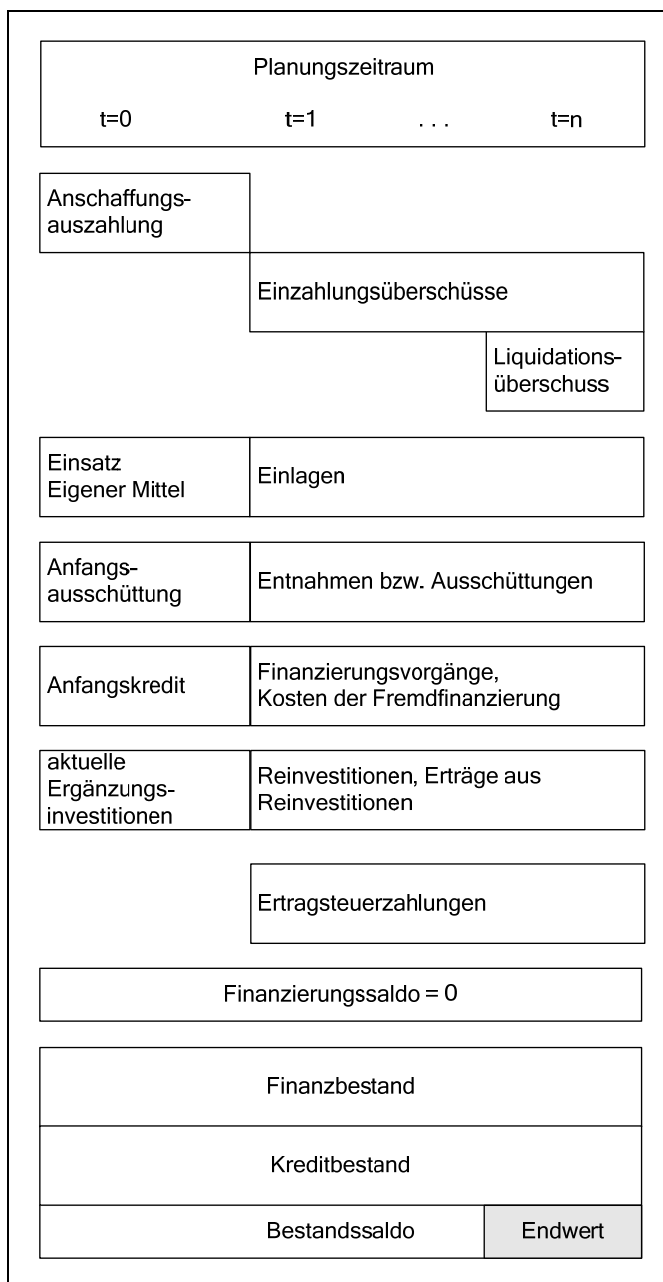


Abb. 1: Aufbau eines VOFIs

2 Einführung in die Risiko-Chancen-Analyse

Zur Anwendung der Risiko-Chancen-Analyse mit VOFI und Crystal Ball ist das in Abb. 2 dokumentierte Vorgehensmodell entwickelt worden.¹

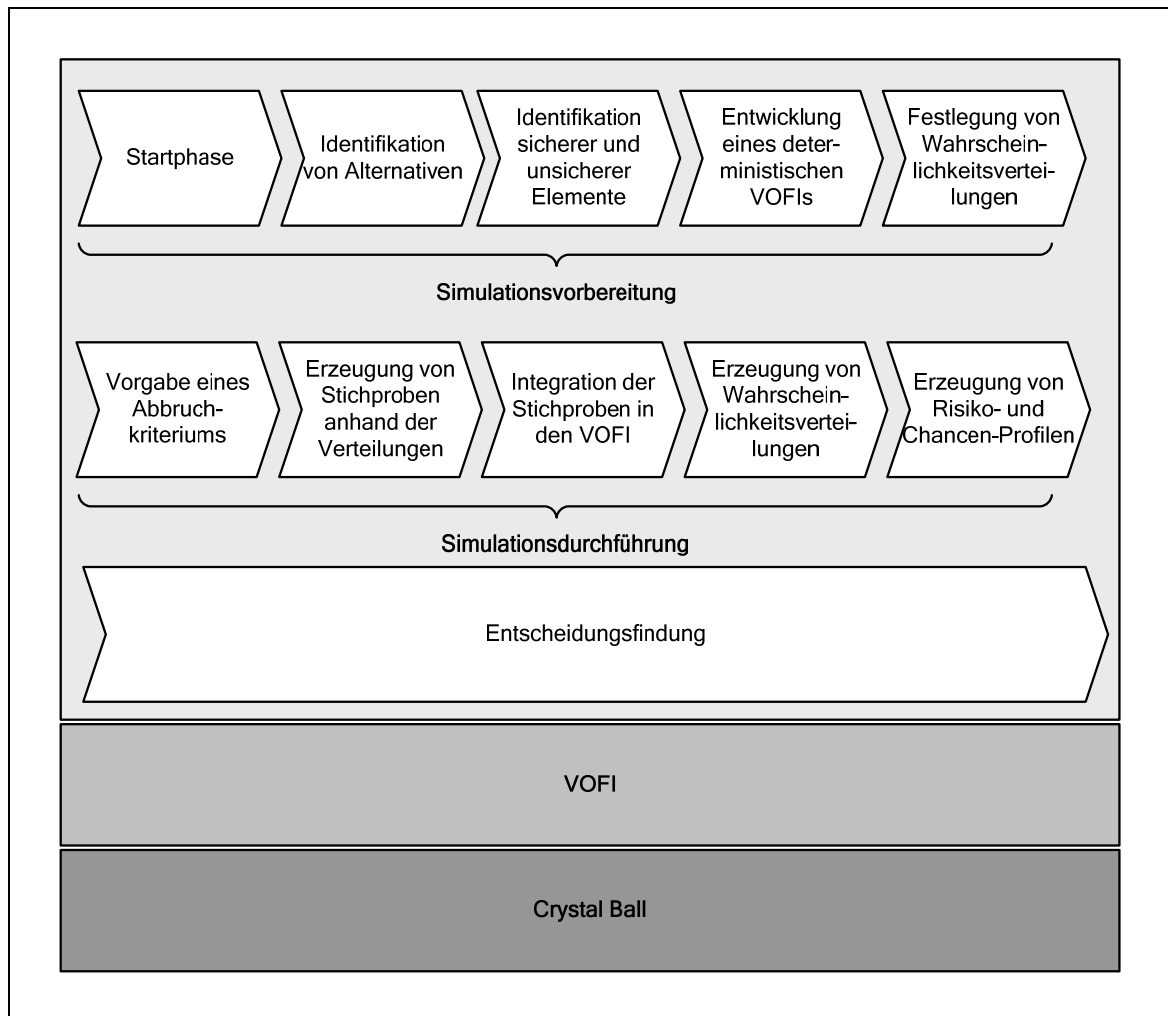


Abb. 2: Vorgehensmodell für die Risiko-Chancen-Analyse auf Basis von VOFI

In der **Startphase** sind zur Vorbereitung der Simulation der Zielinhalt, der Planungshorizont sowie die Eingabedaten festzulegen. Als Zielinhalt kann z. B. die Maximierung des Endwerts ausgewählt werden. Aber auch jedes andere monetäre Ziel (z. B. Maximierung eines äquivalenten Periodengewinns) ist bei Verwendung von VOFI möglich. Bei der Wahl des Planungshorizonts ist für sämtliche Alternativen im Hinblick auf deren Vergleichbarkeit ein identischer Planungszeitraum zu fixieren. Als Eingabedaten sind die Ein- und Auszahlungen während des Planungszeitraums sowie Zinsfüße für Kredite und Renditen für Reinvestitionsalternativen sowie Steuersätze festzulegen. Für die auch als Operativer Cashflow vor Steuern bezeichneten

¹ Grob, H. L. (2006), S. 490.

Ein- und Auszahlungen sind häufig detaillierte Nebenrechnungen durchzuführen, in denen Mengen- und Wertgrößen verknüpft werden.

In der zweiten Phase der Simulationsvorbereitung erfolgt die **Identifikation von Alternativen**. Im einfachsten Fall wird zwischen einer Sachinvestition und ihrer Opportunität in Form einer Anlage der eigenen liquiden Mittel unterschieden. In komplexeren Fällen ist neben der Opportunität eine beliebige Anzahl unsicherer Sachinvestitionen zu betrachten.

In der nächsten Phase geht es um die **Identifikation sicherer und unsicherer Elemente** der Eingabedaten. Sichere Elemente werden über sämtliche Alternativen hinweg als einwertig formuliert, während für unsichere Elemente Wahrscheinlichkeitsverteilungen vorzugeben sind.

Gegenstand der vierten Phase ist die **Entwicklung eines deterministischen VOFIs** für jede Alternative, in dem die funktionalen Zusammenhänge zwischen den Eingabedaten und dem Zielwert abgebildet werden. Um die Simulation von Zielwerten im weiteren Verlauf anhand von Crystal Ball durchzuführen, ist es erforderlich, die deterministischen VOFIs als Excel-Spreadsheet zu implementieren. Hierzu ist in jedem der zu simulierenden VOFIs der Zielwert über die in Crystal Ball enthaltene Funktion *Define Forecast* zu markieren.

In der fünften Phase werden in ausgewählten Zellen des VOFIs die **Wahrscheinlichkeitsverteilungen festgelegt**. Die Zellen der unsicheren Elemente sind dabei mit diskreten oder stetigen Verteilungen zu hinterlegen, die anhand ihrer Parameter definiert werden. So sind bei einer Normalverteilung der Mittelwert und die Standardabweichung vorzugeben. Liegen für ausgewählte unsichere Elemente Daten aus der Vergangenheit vor (z. B. eine saisonal schwankende Nachfrage), können die Verteilungen automatisch angenähert werden. Durch eine Goodness-of-Fit-Analyse kann überprüft werden, wie gut sich die Daten durch entsprechende Verteilungen beschreiben lassen.¹ Die Festlegung einer Wahrscheinlichkeitsverteilung erfolgt über die in Crystal Ball enthaltene Funktion *Define Assumption*. In Abb. 3 wird als Beispiel eine Normalverteilung mit einem Mittelwert von 105 GE und einer Standardabweichung von 10,50 GE illustriert. Diese Standardabweichung besagt, dass ein zufällig realisierter Wert mit einer Wahrscheinlichkeit von rund zwei Dritteln innerhalb eines durch die Standardabweichung festgelegten Intervalls von z. B. $[105-10,5; 105+10,5]$ um den Mittelwert (hier: 105) liegt.

Inhalt der sechsten Phase ist die **Vorgabe eines Abbruchkriteriums**. Zum einen besteht die Möglichkeit, die im Vorgehensmodell enthaltenen Schritte sieben und acht solange zu wiederholen, bis eine vorgegebene Anzahl an Durchläufen erreicht ist; zum anderen kann durch Berücksichtigung eines Konfidenzkriteriums die Simulation beendet werden. Ist das Konfidenzkriterium erfüllt, liegt der unbekannte Mittelwert mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit innerhalb des Konfidenzintervalls um den simulierten Mittelwert. Sowohl die

¹ Zu geeigneten Kennzahlen vgl. z. B. Fisz, M. (1976), S. 435 ff.

Konfidenzwahrscheinlichkeit als auch das Konfidenzintervall sind für das Abbruchkriterium vorzugeben. Für die Konfidenzwahrscheinlichkeit werden häufig als Niveau 95 % oder 99 % festgesetzt. Die Auswahl des Konfidenzintervalls hängt von der Skalierung der Zielgröße ab. Die Simulation wird abgebrochen, sobald das vorgegebene Maß an Konvergenz der Verteilung der Zielgröße erreicht ist.

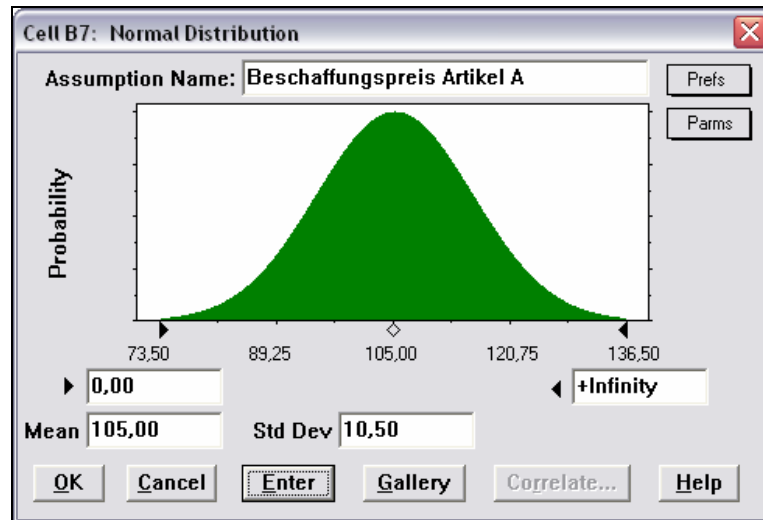


Abb. 3: Normalverteilung eines Eingabeparameters

Im nächsten Schritt sind für sämtliche unsicheren Elemente einer Investitionsalternative Stichproben anhand der **Verteilungsannahmen zu erzeugen**.

Bei der **Integration der Stichproben in den VOFI** werden die generierten Ergebnisse (z. B. Absatzmengen) im VOFI unter Verwendung des dort verankerten Algorithmus zum Zielwert (z. B. Endwert) verdichtet. Die während der Simulation durchgeführte erzeugten Zielwerte werden im Rahmen eines Histogramms erfasst (vgl. Abb. 4).

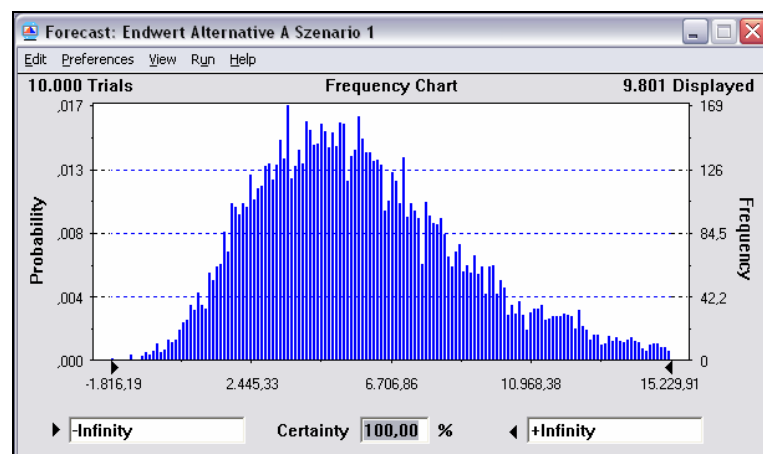


Abb. 4: Erfassung der Zielgrößen in einem Histogramm

Gegenstand der nächsten Phase ist die **Erzeugung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen** für die Stichproben der Zielwerte. Durch geeignete Kennzahlen, die als Goodness-of-Fit-Maße bezeichnet werden, lassen sich die zuvor ermittelten Histogramme unter Verwendung von Verteilungen annähern. Der Verteilungstyp wird durch die entsprechenden Parameter (z. B. Mittelwert) determiniert. Crystal Ball wählt die passende Verteilung automatisch aus.

In der letzten Phase des Vorgehensmodells sind **Risiko- sowie Chancen-Profile zu erzeugen**. An einem Risiko-Profil lässt sich die Wahrscheinlichkeit ablesen, dass eine zufällig realisierte Ausprägung der Zielgröße unterhalb eines bestimmten Wertes (z. B. eines Höchstendwertes) liegt. Am **Risiko-Profil** (vgl. Abb. 5), das der empirischen Verteilungsfunktion der Zielgröße entspricht, lässt sich die Wahrscheinlichkeit ablesen.

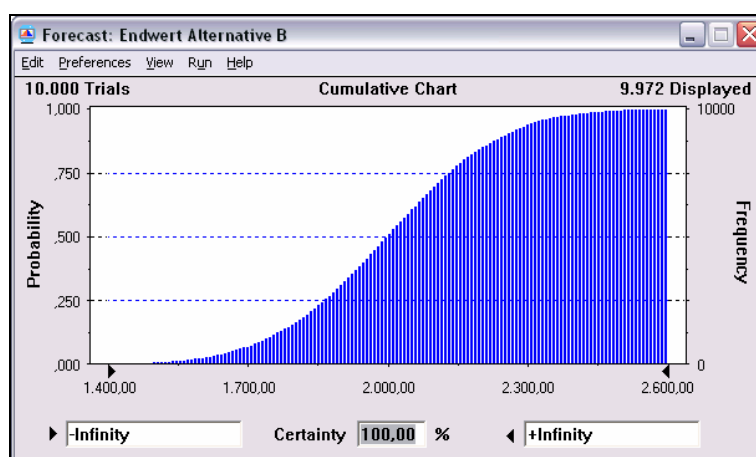


Abb. 5: Risiko-Profil einer Entscheidungsalternative

Häufig ist der Entscheidungsträger jedoch nicht an Wahrscheinlichkeiten für zufällige Ausprägungen an Höchstzielgrößen, sondern an den Ergebnissen, die über einem bestimmten Mindestzielwert liegen, interessiert. Aussagen über zufällige Ausprägungen oberhalb eines Werts lassen sich an Chancen-Profilen ablesen. Zur Berechnung dieser Profile sind die Verteilungsfunktionen horizontal zu spiegeln.¹ Ein entsprechendes **Chancen-Profil** in Crystal Ball ist in Abb. 6 dargestellt worden.² Aus der Grafik geht hervor, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 % mindestens ein Endwert von 3.524 GE realisiert wird.

Auf Basis der Chancen-Profile kann nun die **Entscheidungsfindung** vorgenommen werden. Hierbei ist zwischen einer Einzelentscheidung und einer Entscheidung über mehrere explizit definierte konkurrierende Alternativen zu unterscheiden. Im ersten Fall wird überprüft, ob die Alternative den Ansprüchen des Entscheidungsträgers gerecht wird. So kann z. B. gefordert

¹ Wird das Risiko-Profil (Verteilungsfunktion) durch $F(X)$ charakterisiert, so entspricht das Chancen-Profil dem Ausdruck $1-F(X)$.

² Bei Crystal Ball werden Risiko-Profile als *Cumulative Charts* und Chancen-Profile als *Reverse Cumulative Charts* bezeichnet.

werden, dass ein bestimmter Mindestzielwert mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit erreicht wird.

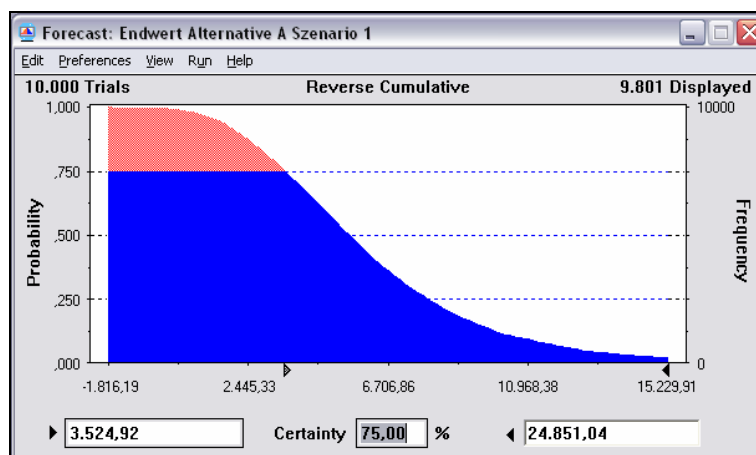


Abb. 6: Chancen-Profil einer Entscheidungsalternative

Die Chancen-Profile¹ der konkurrierenden Alternativen lassen sich anhand der Bildung stochastischer Dominanzen² ordnen.

- Liegt das Chancen-Profil einer Alternative A im gesamten Wertebereich oberhalb des Profils einer Alternative B, so erzielt A bei einer gegebenen Wahrscheinlichkeit stets einen höheren Mindestzielwert als B. In diesem Fall, der als stochastischen Dominanz *erster Ordnung* bezeichnet wird, stellt A die dominierende Alternative dar.
- Schneiden sich die Chancen-Profile verschiedener Alternativen, so wird in der Literatur empfohlen, Dominanzkriterien *höherer Ordnung* anzuwenden. Zur Untersuchung der Alternativen wird einen Flächenvergleich vorgeschlagen.³ Indes impliziert eine solche Vorgehensweise, dass *sämtliche* Werte des Chancen-Profils im gleichen Maße als relevant angesehen werden. Tatsächlich sind aber vor allem die Ausprägungen höherer Wahrscheinlichkeiten von besonderer Bedeutung. Dass mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit ein extrem hoher Zielwert erreichbar ist, dürfte bei der Entscheidungsfindung bedeutungslos sein. Aus diesem Grunde werden Überlegungen zur Verwendung von Dominanzkriterien⁴ höherer Ordnung hier nicht weiter verfolgt und mit dem Value at Risk-Konzept ein anderer Weg beschritten, eine Vorauswahl risikoadäquater Alternativen durchzuführen und somit die Komplexität des Entscheidungsproblems zu reduzieren.

¹ Analog können Überlegungen zu den Risiko-Profilen umgesetzt werden.

² Vgl. Rothschild, M., Stiglitz, J. E. (1970).

³ Vgl. z. B. Hanf, C.-H. (1986), S. 94 ff.

⁴ Zur Kritik an der Anwendung stochastischer Dominanzkriterien vgl. z. B. Kürsten, W. (1997).

3 Erweiterung der Risiko-Chancen-Analyse um das Value at Risk-Konzept

Da bei einer größeren Anzahl von Investitionsalternativen die Entscheidungsfindung anhand eines Vergleichs sämtlicher Risiko-Chancen-Profile regelmäßig mit Schwierigkeiten verbunden ist, ist es überlegenswert, die Menge der Alternativen zu reduzieren, um solche Alternativen auszuschließen, die bestimmte Mindestanforderungen des Entscheidungsträgers nicht erfüllen. Zur methodischen Unterstützung dieses Teilprozesses wird nun das aus der Portfoliotheorie stammende Value at Risk-Konzept vorgestellt.

Mit dem Value at Risk wird die Wahrscheinlichkeit beschrieben, dass eine Entscheidungsalternative einen bestimmten Verlust *nicht* überschreitet.¹ Die Kennzahl wurde ursprünglich entwickelt, um das Marktpreisrisiko eines Wertpapierportfolios zu ermitteln. Ausgangspunkt zur Berechnung des Value at Risk ist die Verlustverteilung einer Entscheidungsalternative, aus der hervorgeht, welcher Verlust durch die Alternative bei einer bestimmten Wahrscheinlichkeit maximal erzielbar ist. Als Value at Risk (VaR) wird entsprechend die sogenannte Schranke für den Verlust bezeichnet, die mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit in einem zukünftigen Zeitpunkt *nicht* überschritten wird. Formal entspricht der Value at Risk somit dem p-Fraktile² der Verlustverteilung.

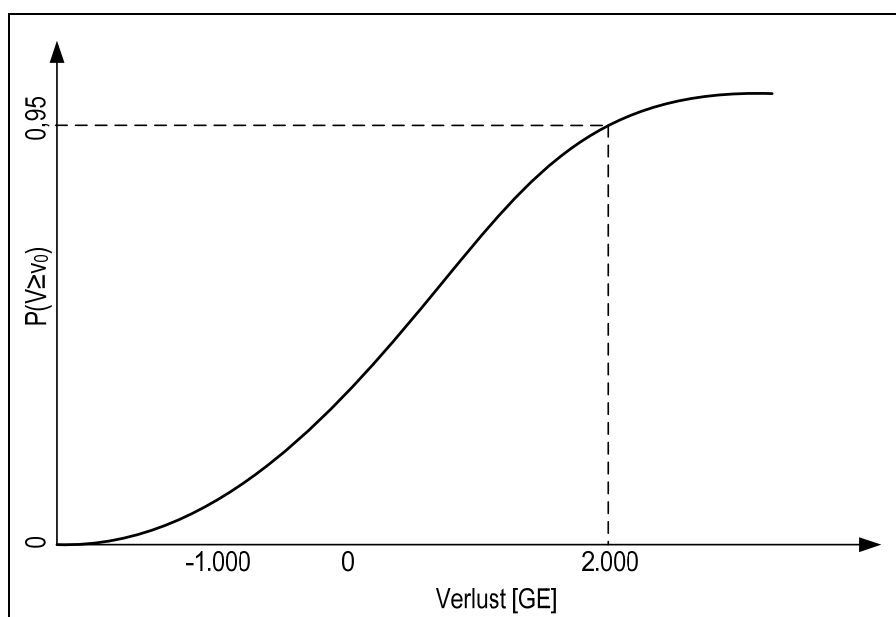


Abb. 7: Verlustverteilung und Value at Risk

¹ Vgl. hier und im Folgenden Kürsten, W., Straßberger, M. (2004). Für eine vertiefende Einführung in das Konzept des Value at Risk vgl. z. B. Linsmeier, T. J., Pearson, N. D. (2000).

² Als Fraktile werden bestimmte Punkte einer Verteilung bezeichnet, die die Wahrscheinlichkeit quantifizieren, zufällig einen Wert unterhalb des Punktes zu erhalten. Besitzt z. B. das 20 %-Fraktile einer Verteilung den Wert a, so wird eine auf Basis der Verteilung gezogene Zufallszahl mit einer Wahrscheinlichkeit von 20 % unterhalb von a liegen.

Ein Beispiel für eine Verlustverteilung und den Value at Risk ist in Abb. 7 dargestellt worden. Liegt der Value at Risk einer Entscheidungsalternative – wie im Beispiel – bei einer Wahrscheinlichkeit von 95 % bei einem Wert von 2.000 GE, so erzielt das Portfolio mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % einen maximalen Verlust von 2.000 GE. Beim Value at Risk-Konzept werden ausschließlich Verlustrisiken untersucht. Über die Erzielung von Gewinnen werden keine Aussagen getätigt. Das Ereignis, im Beispiel tatsächlich einen Gewinn von 1.000 GE zu erzielen, würde beim Value at Risk-Konzept lediglich dahingehend betrachtet, dass es sich um einen Verlust unterhalb von 2.000 GE handelt. Äquivalent verursacht das Portfolio mit einer Wahrscheinlichkeit von 5 % einen Verlust oberhalb von 2.000 GE.

Zur Bewertung einer Alternative ist der Value at Risk mit einem Referenzwert zu vergleichen, den der Entscheidungsträger vorab risikoadäquat festzulegen hat. So könnte der Entscheidungsträger beispielsweise fordern, mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % einen maximalen Verlust von 1.500 GE zu erzielen. In diesem Fall wäre die Alternative, die dem Beispiel in Abb. 7 zugrunde liegt, aufgrund ihres zu hohen Risikos zu verwerfen.

Die Erweiterung der Risiko-Chancen-Analyse um das Value at Risk-Konzept wird in dem in Abb. 8 dargestellten Vorgehensmodell gezeigt. Dabei wird die Phase der Entscheidungsfindung um die Teilphasen **Ausschluss riskanter Alternativen** sowie **Auswahl der risikoadäquaten Alternative** untergliedert. Die in der Grafik durchgestrichenen Entscheidungsalternativen werden aufgrund des Value at Risk-Konzepts eliminiert.

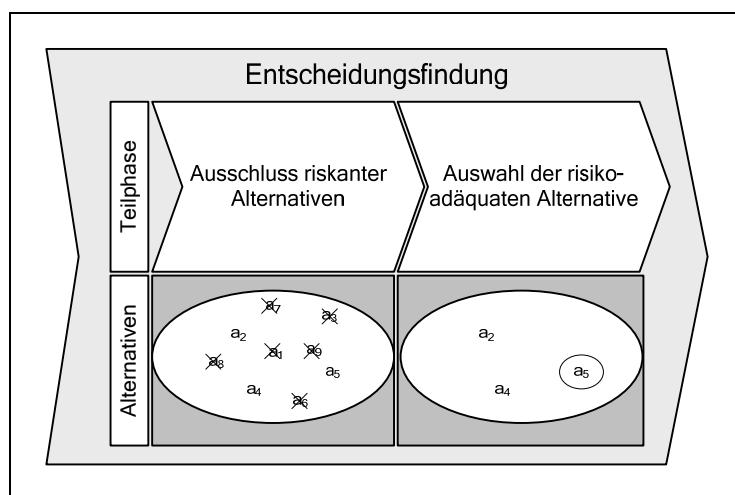


Abb. 8: Integration des Value at Risk-Konzepts in die Entscheidungsfindung

Bei der Vorauswahl ist zunächst durch den Entscheidungsträger vorzugeben, welcher Verlust mit einer bestimmten Referenzwahrscheinlichkeit von z. B. 95 % oder 99 %¹ maximal toleriert werden soll.

¹ Vgl. z. B. Kürsten, W., Straßberger, M. (2004).

Der Fokus der Kennzahl Value at Risk richtet sich auf den Verlust, der aus einer Entscheidung resultieren könnte. Durch die Festlegung einer Verlustschranke, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden soll, soll das Risiko in Grenzen gehalten werden. Da ein Verlust die negative Ausprägung des Gewinns darstellt, ist es naheliegend, auch bei Investitionsentscheidungen mit VOFI von einem Gewinnziel auszugehen. Deshalb sollte nicht der „natürliche“ Zielwert *Endwert*, der sich aufgrund des Algorithmus zur Fortschreibung der Finanz- und Kreditbestände automatisch ergibt, sondern der Gewinn als Zielwert verwendet werden. Zur Einbeziehung des Gewinns in den VOFI bieten sich zwei Konzeptionen an. Zum einen kann der Gewinn eines jeden Jahres in einer Nebenrechnung aus den Daten des VOFIs ermittelt werden. Hierbei ist der in der Zahlungsfolge enthaltene operative Cashflow um die Abschreibungen und Fremdkapitalzinsen sowie um Reinvestitionserträge zu korrigieren. Bei dieser ersten Konzeption stellt der Gewinn im Zeitablauf eine variierende Größe dar.

Die zweite Konzeption sieht die Einführung eines zeitlich konstanten (äquivalenten) Periodengewinns vor. Bei dieser Konzeption wird der Umfang der Ausgabedaten auf einen einzigen Wert reduziert. Der Periodengewinn kann analog zu einer Annuität interpretiert werden. Der Unterschied zur klassischen Annuität besteht jedoch nicht nur darin, dass im VOFI die Zinssätze frei definiert werden können, sondern dass der äquivalente Gewinn eine pagatorische Größe darstellt, also keine kalkulatorischen Zinsen auf das Eigenkapital beinhaltet.¹

Zur Ermittlung des äquivalenten pagatorischen Periodengewinns sind mithilfe einer Sensitivitätsanalyse (bei Excel als Zielwertsuche bezeichnet) die jährlich konstanten Entnahmen so zu bestimmen, dass der Endwert mit dem im Anfangszeitpunkt verfügbaren Eigenkapital identisch ist.

Formal gilt also:

$$\begin{aligned} \text{Variiere } E_1 = E_2 = \dots = E_n = E \\ \text{bis } EW^M = EK \end{aligned}$$

Symbole

E_1, \dots, E_n	Äquivalente pagatorische Periodengewinne
EW	Endwert des betrachteten Controllingobjekts
EK	Im Anfangszeitpunkt verfügbares Eigenkapital

Nach diesen Erweiterungen kann auf der Basis von VOFI das Value at Risk-Konzept im Rahmen der Risiko-Chancen-Analyse eingesetzt werden.

¹ Der äquivalente pagatorische Gewinn kann durch Erweiterung des VOFIs um die Zinsen auf das Eigenkapital selbstverständlich auch in eine äquivalente *kalkulatorische* Größe transformiert werden.

Beispielsweis könnte der Entscheidungsträger vorgeben, mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % maximal einen jährlichen Verlust von 1.000 GE in Kauf zu nehmen. Dies ist äquivalent zur Forderung, mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % einen jährlichen Gewinn oberhalb von -1.000 GE zu erlangen, da ein minimaler Gewinn von -1.000 GE einem maximalen Verlust von 1.000 GE entspricht. Somit ist bei allen Chancen-Profilen zu überprüfen, ob sie bei einer Wahrscheinlichkeit von 95 % einen Gewinn oberhalb von -1.000 GE aufweisen. Diejenigen Alternativen, deren Mindestwert bei der vorgegebenen Wahrscheinlichkeit von 95 % unterhalb von -1.000 GE liegt, sind als unzulässig anzusehen.

Um das Kriterium zur Vorauswahl zu formalisieren, wird die Gültigkeitsfunktion $v_{p_{\text{ref}};G_{\text{min}}}(a)$ eingeführt. Die Funktion beschreibt, ob eine Alternative a für eine Referenzwahrscheinlichkeit p_{ref} sowie einen jährlichen Mindestgewinn G_{min} gültig ist oder nicht. Ist eine Alternative zu riskant und somit abzulehnen, nimmt die Funktion den Wert 0 an. In diesem Fall liegt die am Chancen-Profil abzulesende Wahrscheinlichkeit unterhalb der Referenzwahrscheinlichkeit. Im Falle einer gültigen Alternative liefert $v_{p_{\text{ref}};G_{\text{min}}}(a)$ als Ergebnis 1. Die Gültigkeitsfunktion ist somit wie folgt definiert:

$$v_{p_{\text{ref}};G_{\text{min}}}(a) = \begin{cases} 1 & \text{falls } CP_a(G_{\text{min}}) > p_{\text{ref}} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (2)$$

Die Anwendung der Gültigkeitsfunktion wird im Folgenden anhand eines überschaubaren Beispiels illustriert. Dabei wird überprüft, ob die der Abb. 9 zugrunde liegende Alternative gültig ist oder nicht. Angenommen wird, dass durch den Entscheidungsträger vorgegeben wurde, mit einer Referenzwahrscheinlichkeit p_{ref} in Höhe von 95 % einen maximalen jährlichen Verlust von 500 GE zu tolerieren. Folglich wird mit dieser Wahrscheinlichkeit ein jährlicher Gewinn G_{min} oberhalb von -500 GE verlangt. Entsprechend ist zu überprüfen, ob die im Profil abzulesende Wahrscheinlichkeit bei diesem Verlust die Referenzwahrscheinlichkeit übersteigt oder nicht. Im Profil beträgt die Wahrscheinlichkeit lediglich 84,09 %. Da sie unterhalb der erforderlichen Referenzwahrscheinlichkeit liegt, ist die betrachtete Alternative abzulehnen. Folglich wird in der Gültigkeitsfunktion der Wert Null zugewiesen.

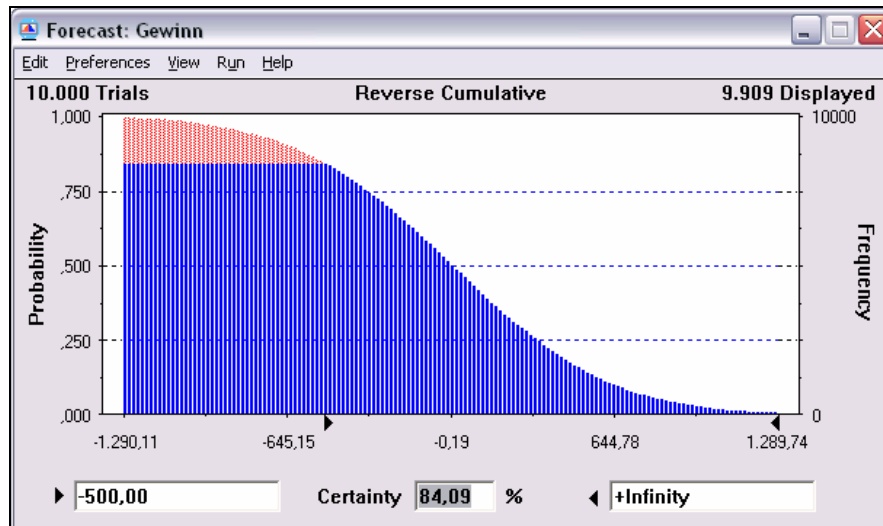


Abb. 9: Value at Risk-basierte Vorauswahl einer Alternative

4 Anwendungsbeispiel

4.1 Datensituation

Eine Unternehmung beabsichtigt, im Rahmen einer Diversifikationsstrategie in einen neuen Markt mit einem neuen Produkt eindringen. Auf Basis einer Marktstudie wurden drei sich ausschließende Produktalternativen konzipiert, die zu unterschiedlichen Leistungen und Kosten führen. Die Absatzmengen und der Liquidationserlös der für die Produktion zu beschaffenden Maschine sind als unsicher anzusehen.

Produkt/Maschine A	t=0	t=1	t=2	t=3	Produkt/Maschine B	t=0	t=1	t=2	t=3
Anschaffungsauszahlung	300				Anschaffungsauszahlung	500			
Absatzmenge		80	90	30	Absatzmenge		110	180	70
Preis		21	20	19	Preis		11	12	13
Variable Kosten pro Stück		11	14	16	Variable Kosten pro Stück		7	6	6
Fixkosten		320	330	350	Fixkosten		400	410	350
Liquidationsüberschuss				50	Liquidationsüberschuss				100

Produkt/Maschine C	t=0	t=1	t=2	t=3
Anschaffungsauszahlung	700			
Absatzmenge		130	185	85
Preis		11	12	13
Variable Kosten pro Stück		7	6	6
Fixkosten		500	530	490
Liquidationsüberschuss				100

Legende
 unsichere Daten

Abb. 10: Datensituation des Anwendungsbeispiels

Die Werte der sicheren Daten sowie die Mittelwerte der unsicheren Daten sind in Abb. 10 dargestellt worden. Für die Absatzmengen soll für jede einzelne Periode eine Lognormalverteilung unterstellt werden. Als Standardabweichung werden 10 % vom Mittelwert angenommen. Demgegenüber ist der Liquidationserlös normal verteilt mit einer Standardabweichung in Höhe von 20 % des Mittelwerts. Zur Finanzierung der drei Alternativen stehen eigene liquide Mittel in Höhe von 100 GE zur Verfügung. Darüber hinausgehender Finanzierungsbedarf kann anhand eines Kontokorrentkredits abgedeckt werden, der einen Zinssatz von 6 % aufweist. Freiwerdende liquide Mittel können zu einem Zinssatz von 4 % angelegt werden. Die durch den Absatz erzielte Leistungen sowie die Kosten sind in der jeweiligen Periode vollständig zahlungswirksam. Außerdem wird unterstellt, dass die Leistungen und Kosten zu periodengleichen Erträgen und Aufwendungen führen, die in die Bemessungsgrundlage zur Ermittlung der Ertragsteuern eingehen. Für die Anschaffungsauszahlung sind lineare Abschreibungen zu errechnen. Der Ertragsteuersatz ist mit 38 % anzusetzen.

4.2 Anwendung des erweiterten Vorgehensmodells

Um auf Basis der Risiko-Chancen-Analyse eine Entscheidung vorzunehmen, sind für die drei Produktalternativen die VOFIs als Excel-Spreadsheets zu erstellen. Die Ermittlung der Zahlungsfolgen erfolgt dabei zunächst deterministisch aus den oben angegebenen Daten. Die Berechnung der Zahlungsfolgen sowie der VOFI der ersten Alternative sind in Abb. 11 als Beispiel dargestellt.

The image shows two Excel spreadsheets side-by-side. The left spreadsheet, titled 'Microsoft Excel - VOFIs - Pur.xls', displays the input data for three investment alternatives (A, B, and C) over a four-year period (t=0 to t=3). The right spreadsheet shows the resulting cash flows and VOFI for the first alternative (A).

Produkt/Maschine	t=0	t=1	t=2	t=3
Produkt/Maschine A				
Anschaffungsauszahlung	300			
Absatzmenge		78	76	32
Preis		21	20	19
Variable Kosten pro Stück		11	14	16
Fixkosten		320	330	350
Liquidationsüberschuss				42
Zahlungsfolge	-300	461	126	-212
Produkt/Maschine B				
Anschaffungsauszahlung	500			
Absatzmenge		104	159	67
Preis		11	12	13
Variable Kosten pro Stück		7	6	6
Fixkosten		400	410	350
Liquidationsüberschuss				56
Zahlungsfolge	-500	17	545	174
Produkt/Maschine C				
Anschaffungsauszahlung	700			
Absatzmenge		142	191	76
Preis		11	12	13
Variable Kosten pro Stück		7	6	6
Fixkosten		500	530	490
Liquidationsüberschuss				103
Zahlungsfolge	-700	68	615	147

Zeitpunkt	t=0	t=1	t=2	t=3
Zahlungsfolge der Investition	-300	461	126	-212
Eigene Mittel				
Entnahme	100			
Kredit		57	57	57
+ Aufnahme		200	0	0
- Tilgung			200	0
- Zinsen			12	0
Reinvestition				
- Anlage	0	55	61	0
+ Rückfluss		0	0	115
+ Ertrag		0	2	5
Ertragsteuern				
- Zahlung		137	10	0
+ Erstattung		0	0	118
Finanzierungssaldo	0	0	0	0
Bestandsgrößen				
Reinvestition	0	55	115	0
Kredit	200	0	0	31
Bestandssaldo	-200	55	115	-31
Gewinn pro Jahr				57

Abb. 11: Berechnung der Zahlungsfolgen und VOFI der ersten Alternative

Für die unsicheren Eingangsgrößen sind nun die Verteilungsannahmen zu hinterlegen. Hierfür werden zunächst die entsprechenden Zellen markiert. Über die Funktion *Define Assumption*

wird anschließend für jedes unsichere Element eine Verteilung ausgewählt und parametrisiert. Die Angabe der Lognormalverteilung für die Absatzmenge in $t=1$ ist in Abb. 12 als Beispiel dargestellt worden.

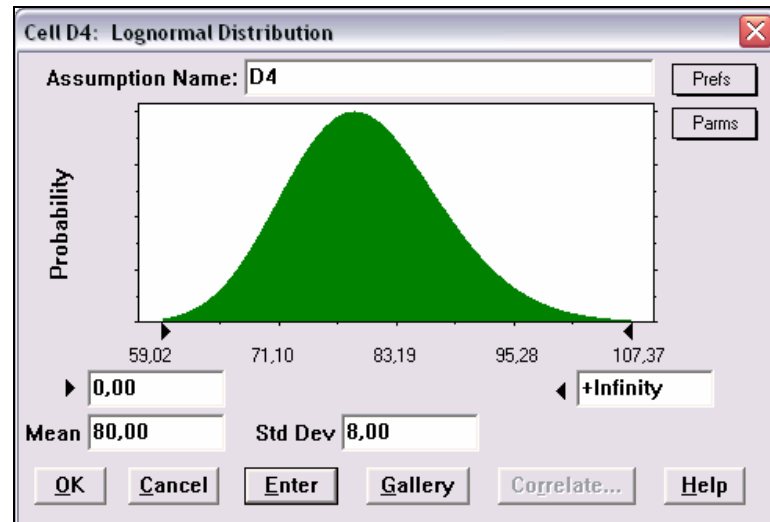


Abb. 12: Angabe der Lognormalverteilung für die Absatzmenge in $t = 1$

Neben den Verteilungsannahmen sind die Zielgrößen zu definieren. Hierfür sind die entsprechenden Zellen auszuwählen und über die Funktion *Define Forecast* als Zielwerte festzulegen. Im Anwendungsbeispiel werden als Zielwerte die Jahresgewinne ausgewählt. Diese Gewinne sind in jeder Iteration anhand einer Zielwertsuche zu berechnen. Zu diesem Zweck ist ein Excel-Makro zu erstellen, das innerhalb der Iteration abgearbeitet wird, bevor die Zielgrößen durch Crystal Ball erfasst werden. Das Makro ist in Abb. 13 dokumentiert worden. Der Aufruf wird über den Menüpunkt *Run Preferences* konfiguriert.

```
VOFIs - Pur.xls - Modul1 (Code)
(Allgemein) GewinneErmitteln
Sub GewinneErmitteln()
    Sheets("VOFI A").Select
    Range("F22").GoalSeek Goal:=100, ChangingCell:=Range("C24")
    Sheets("VOFI B").Select
    Range("F22").GoalSeek Goal:=100, ChangingCell:=Range("C24")
    Sheets("VOFI C").Select
    Range("F22").GoalSeek Goal:=100, ChangingCell:=Range("C24")
End Sub
```

Abb. 13: Makro GewinneErmitteln()

Im nächsten Schritt ist das Abbruchkriterium festzusetzen. Über den Menüpunkt *Run Preferences* wird eine maximale Iterationszahl von 10.000 Schritten angegeben. Die Simulation ist anschließend über die Funktion *Run* zu starten.

Auf Basis der Chancen-Profile sind nun die Alternativen auszuschließen, die den Mindestansprüchen des Entscheidungsträgers nicht genügen. Dabei wurde ein maximaler jährlicher Verlust von 10 GE bei einer Referenzwahrscheinlichkeit von 95 % vorgegeben.

Alternative	Wahrscheinlichkeit	Referenzwahrscheinlichkeit	Ausschluss
Alternative 1	99,82 %	95 %	nein
Alternative 2	99,63 %	95 %	nein
Alternative 3	58,65 %	95 %	ja

Abb. 14: Wahrscheinlichkeiten für G_{\min} oberhalb von -10 GE

Die Wahrscheinlichkeiten, einen Verlust von 10 GE zu unterschreiten bzw. einen Gewinn von -10 GE zu überschreiten, sind in Abb. 14 ausgewiesen worden. Sowohl für Alternative 1 als auch für Alternative 2 liegen die tatsächlichen Wahrscheinlichkeiten oberhalb der Referenzwahrscheinlichkeit. Alternative 3 weist eine Wahrscheinlichkeit von 58,65 % auf, den vorgegebenen Mindestgewinn von -10 GE zu überschreiten. Entsprechend beträgt die Wahrscheinlichkeit 41,35 %, einen Verlust oberhalb von 10 GE zu erzielen. Alternative 3 ist somit als zu riskant zu bewerten und aus der weiteren Betrachtung auszuschließen.

Nach der Vorauswahl sind die Chancen-Profile der beiden verbleibenden Alternativen 1 und 2 zu vergleichen. Zunächst werden über die Funktion *Open Overlay Chart* beide Gewinnverteilungen zum Vergleich in einem Diagramm angezeigt. Durch Auswahl des Menüpunkts *Reverse Cumulative Chart* werden die Chancen-Profile der Alternativen aufgerufen (Abb. 15).

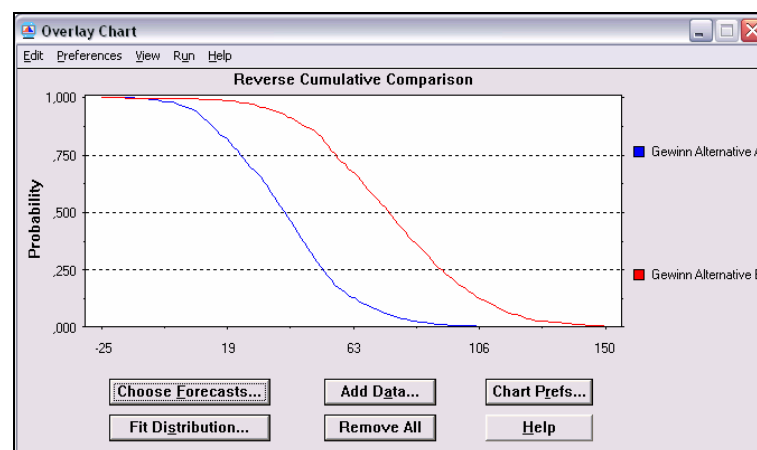


Abb. 15: Chancen-Profile der beiden verbleibenden Alternativen

Die Auswertung der Profile zeigt, dass Alternative 2 für jede gegebene Wahrscheinlichkeit einen höheren Mindestgewinn erzielt als Alternative 1. Da das Chancen-Profil von Alternative 2 also oberhalb des Profils der Alternative 1 liegt, dominiert die Alternative 2 die Alternative 1. Folglich ist Alternative 2 zur Entscheidung vorzuschlagen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurde mit der Risiko-Chancen-Analyse auf der Grundlage von VOFI ein Konzept zur Handhabung der Unsicherheit in der Investitionsrechnung dargestellt und zur Vorauswahl von Alternativen das aus der Portfoliotheorie bekannte Value at Risk-Konzept integriert. Die softwaretechnische Umsetzung wurde unter Verwendung von Crystal Ball vorgenommen, um die Anwendung der Risiko-Chancen-Analyse mit VOFI sowie dem Value at Risk anhand eines Anwendungsbeispiels zu veranschaulichen.

Neben den in diesem Beitrag verwendeten Funktionen zur Risiko-Chancen-Analyse sowie zum Value at Risk-Konzept verfügt Crystal Ball über eine Vielzahl weiterer Elemente, die eine Handhabung der Unsicherheitsproblematik ermöglichen. So könnte beispielsweise eine Korrelationsmessung vorgenommen werden, um die Auswirkungen der Einflussgrößen auf die Zielwerte im Rahmen des Simulationsmodells zu bestimmen. Die Ergebnisse der Korrelationsmessung könnten dazu verwendet werden, eine iterative Verfeinerung des Simulationsmodells vorzunehmen.

Literatur

- Adam, D. (1996), Planung und Entscheidung: Modelle - Ziele - Methoden, Wiesbaden 1996.
- Adam, D. (2000), Investitionscontrolling, München 2000.
- Blohm, H., Lüder, K. (1995), Investition, München 1995.
- Fisz, M. (1976), Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik, Berlin 1976.
- Grob, H. L. (2006), Einführung in die Investitionsrechnung, München 2006.
- Hanf, C.-H. (1986), Entscheidungslehre, München 1986.
- Hertz, D. B. (1964), Risk Analysis in Capital Investment, In: Harvard Business Review, 42 1, S. 95-108.
- Kruschwitz, L. (1993), Investitionsrechnung, 5, Auflage, Berlin 1993.
- Kürsten, W. (1997), Zur Anreiz-Inkompatibilität von Kreditsicherheiten, oder Insuffizienz des Stiglitz/Weiss-Modells der Agency-Theorie, In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 49 10, S. 819-857.
- Kürsten, W., Straßberger, M. (2004), Risikomessung, Risikomaße und Value-at-Risk, In: WISU - Das Wirtschaftsstudium, 04 2, S. 202-207.
- Linsmeier, T. J., Pearson, N. D. (2000), Value at Risk, In: Financial Analysts Journal, 56, S. 47-67.
- Rothschild, M., Stiglitz, J. E. (1970), Increasing Risk: I. A Definition, In: Journal of Economic Theory, 2 3, S. 225-243.