

## INHALTSVERZEICHNIS

### Monte-Carlo-Simulation

LEAD .....	1
1 Worum geht es bei der Simulation? .....	2
2 Voraussetzung: Rechenschema mit Input-Output-Beziehungen .....	3
3 Monte Carlo Simulation als Erweiterung des Was-Wäre-Wenn-Ansatzes bzw. der Sensitivitätsanalyse .....	4
4 Anwendungsbeispiel: Investitionsausgaben-Ueberwachung .....	6
4.1 Ausgangssituation .....	6
4.2 Lösungsansatz .....	7
4.2.1 Was-Wäre-Wenn-Ansatz bzw. Sensitivitätsanalyse .....	7
4.2.2 Monte-Carlo-Simulation .....	7
4.2.3 Fazit aus der Monte-Carlo-Simulation .....	9
5 Anwendungsbeispiel: Budgetierung und Plan-Erfolgsrechnung .....	10
5.1 Ausgangssituation .....	10
5.2 Lösungsansatz .....	12
5.2.1 Monte-Carlo-Simulation .....	12
5.2.2 Fazit aus der Monte-Carlo-Simulation .....	12
6 Anwendungsbeispiel: Weiterentwicklung eines Medikaments .....	13
6.1 Ausgangssituation .....	13
6.2 Lösungsansatz .....	14
6.2.1 Monte-Carlo-Simulation .....	14
6.2.2 Fazit aus der Monte-Carlo-Simulation .....	15
7 Schlussbemerkungen .....	15
LITERATURVERZEICHNIS .....	16

# Monte-Carlo-Simulation

## LEAD

Allein die Vergangenheit ist gewiss. Sobald es um die Zukunft geht, herrscht Unsicherheit vor.

Bei der Budgetierung, Finanz-, Marketing- und Investitionsplanung usw. versucht man die Zukunft zahlenmässig zu erfassen. Aufgrund von Annahmen werden dabei üblicherweise klar festgelegte Zukunftswerte in einem Rechenschema mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms zueinander in Beziehung gebracht und die Zielgrösse berechnet.

In einem zweiten Schritt werden häufig auch sogenannte Sensitivitätsrechnungen durchgeführt: die festgelegten Zukunftswerte werden verändert und die Zielgrösse neu ermittelt. Diese Was-wäre-wenn-Überlegungen geben gewisse Einblicke über mögliche Resultate in der Zukunft. Diese sind aber immer noch sehr bruchstückhaft.

Anhand einer sogenannten Monte-Carlo-Simulation ist es aber möglich, die Zukunft in ihrer vollen Dimension bzw. Ungewissheit darzustellen. Basierend auf den bereits vorhandenen Tabellenkalkulationsprogramm-Rechenschemata bezüglich Budgetierung, Finanz-, Marketing- und Investitionsplanung ist es möglich, mit einem Add-In-Tool solche Monte-Carlo-Simulationen sehr einfach und auch für einen mathematischen Laien verständlich durchzuführen.

In den folgenden Ausführungen soll anhand von Beispielen gezeigt werden, wie Monte-Carlo-Simulationen erstellt werden können und welche Vorteile sich bei der Entscheidungsfindung daraus ableiten lassen.

## **1 Worum geht es bei der Simulation?**

<sup>1</sup>Eine der wichtigsten Aufgaben der Unternehmensführung besteht darin, Entscheidungen zu treffen. Während einige dieser Entscheidungen täglich getroffen werden und nur kurzfristig von Bedeutung sind, haben andere Entscheidungen eine wesentliche Auswirkung auf die langfristige Zukunft des Unternehmens. Durch die zunehmende Grösse der Unternehmen, Globalisierung der Märkte sowie den steigenden Konkurrenzdruck unter den Unternehmen wurde die Entscheidungsfindung schwieriger: unternehmerisches Flair und Einmann-Entscheide genügen nicht mehr. Entscheide, die das Unternehmen signifikant beeinflussen, werden nur nach dem Vorliegen von adäquaten Entscheidungsunterlagen getroffen. Diese müssen auf einer umfassenden Problemanalyse basieren sowie die Auswirkungen von unterschiedlichen Kombinationen bezüglich Alternativen / Umweltzustände aufzeigen. Letzteres ist aber nur durch Experimentieren mit bzw. Simulation anhand von Entscheidungsmodellen (de facto ein Was-Wäre-Wenn-Ansatz bzw. eine Sensitivitätsanalyse) möglich. Dabei profitiert der Entscheidungsträger von zwei wichtigen Vorteilen:

- Eine kostengünstige Methode der Analyse des System-Verhaltens unter verschiedenen Bedingungen;
- Der Versuch einer Vorhersage, was in der Wirklichkeit eintreten könnte.

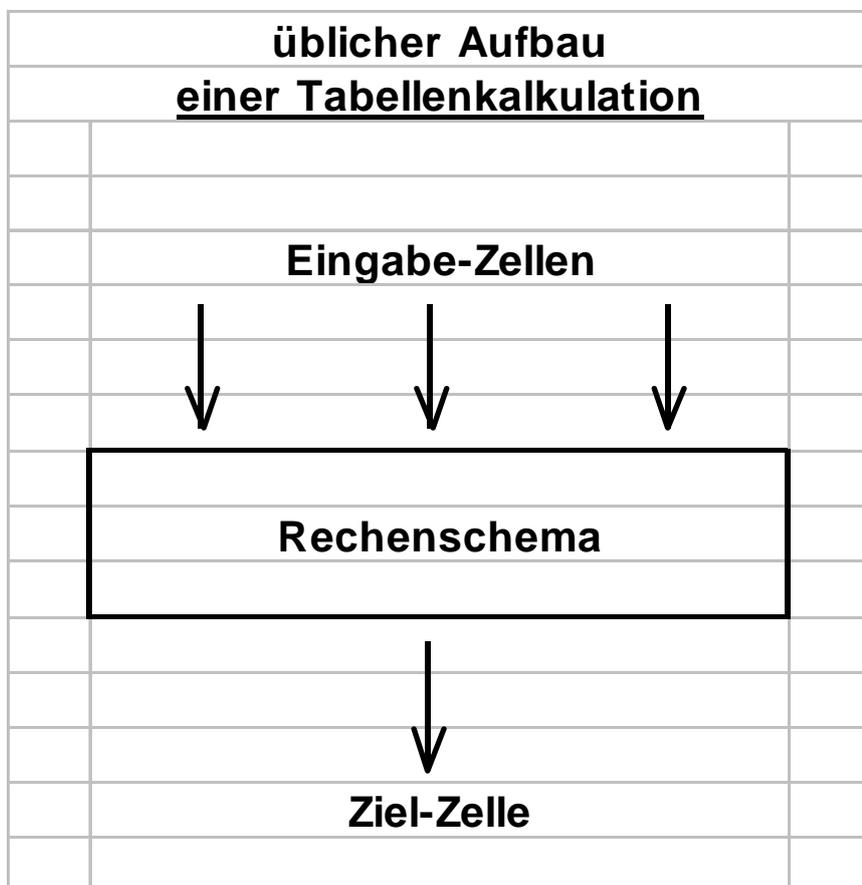
---

<sup>1</sup> siehe HARRISON, 1983, S. 88.

## **2 Voraussetzung: Rechenschema mit Input-Output-Beziehungen**

Damit eine Simulation anhand eines Entscheidungsmodells vorgenommen werden kann, sind die für den Entscheid relevanten betriebswirtschaftlichen Zusammenhänge in einem «Rechenschema» logisch zu verknüpfen, so dass Input-Output-Beziehungen entstehen und die Veränderungen des Outputs (berechnete Zielgrösse bzw. Ziel-Zelle) aufgrund von Änderungen der Inputs (Variablen bzw. Eingabe-Zellen) ermittelt werden können. Beim Aufbau der Input-Output-Beziehungen ist zu beachten, dass die berechnete Ziel-Zelle der betriebswirtschaftlich relevanten Zielgrösse für die Entscheidungsfindung entspricht.

Das oben gesagte kann wie folgt schematisch dargestellt werden:



### **3 Monte Carlo Simulation<sup>2</sup> als Erweiterung des Was-Wäre-Wenn-Ansatzes bzw. der Sensitivitätsanalyse**

Die Monte Carlo Technik ist eine spezielle Form einer Simulation<sup>3</sup>, bei der eine oder mehrere Eingabe-Zellen des «Rechenschemas» jeweils nicht eine diskrete Zahl (Sicherheit), sondern eine Häufigkeitsverteilung (Unsicherheit) aufweisen<sup>4</sup>. Für die Ziel-Zelle folgt daraus, dass sie selbst auch eine Häufigkeitsverteilung (Unsicherheit) besitzen muss. Zur Ermittlung dieser Häufigkeitsverteilung der Zielgrösse wird dabei wie folgt vorgegangen:

- Mit Hilfe eines Zufallsgenerators wird für jede Eingabe-Zelle rein zufällig, aber unter Einhaltung der Gesetzmässigkeit der diesbezüglich definierten Häufigkeitsverteilung, eine diskrete Zahl ermittelt.<sup>5</sup>
- Aufgrund dieser diskreten Zahlen der Eingabe-Zellen wird die Ziel-Zelle berechnet und das Resultat «gespeichert».
- Die oben beschriebene Vorgehensweise wird ca. 1'000 bis 4'000 Mal wiederholt.
- Aufgrund der vielen «gespeicherten» Resultate bezüglich der Ziel-Zelle kann auch für die Zielgrösse ein «Unsicherheitsprofil» bzw. eine Häufigkeitsverteilung dargestellt werden, welche den Einfluss der «unsicheren» Eingabe-Zellen auf die Ziel-Zelle wiedergibt.
- Da dem Entscheidungsträger die Zielgrösse nicht mehr eindimensional, sondern in ihrer ganzen Dimension, d.h. dem möglichen Wertbereich mit den zugehörigen Wahrscheinlichkeiten, vor Augen geführt werden, ist er dadurch besser in der Lage, die Auswirkungen der «unsicheren» Umweltzustände<sup>6</sup> abzuschätzen.

---

<sup>2</sup> In den folgenden Beispielen wird für die Durchführung der Monte-Carlo-Simulation die benutzerfreundliche Add-In-Software 'Crystal Ball<sup>®</sup>' (Decisioneering, Inc., Denver-Colorado, USA) zur Tabellenkalkulationssoftware Excel oder Lotus 1-2-3 verwendet. [Internet-Adresse: [www.decisioneering.com](http://www.decisioneering.com)]

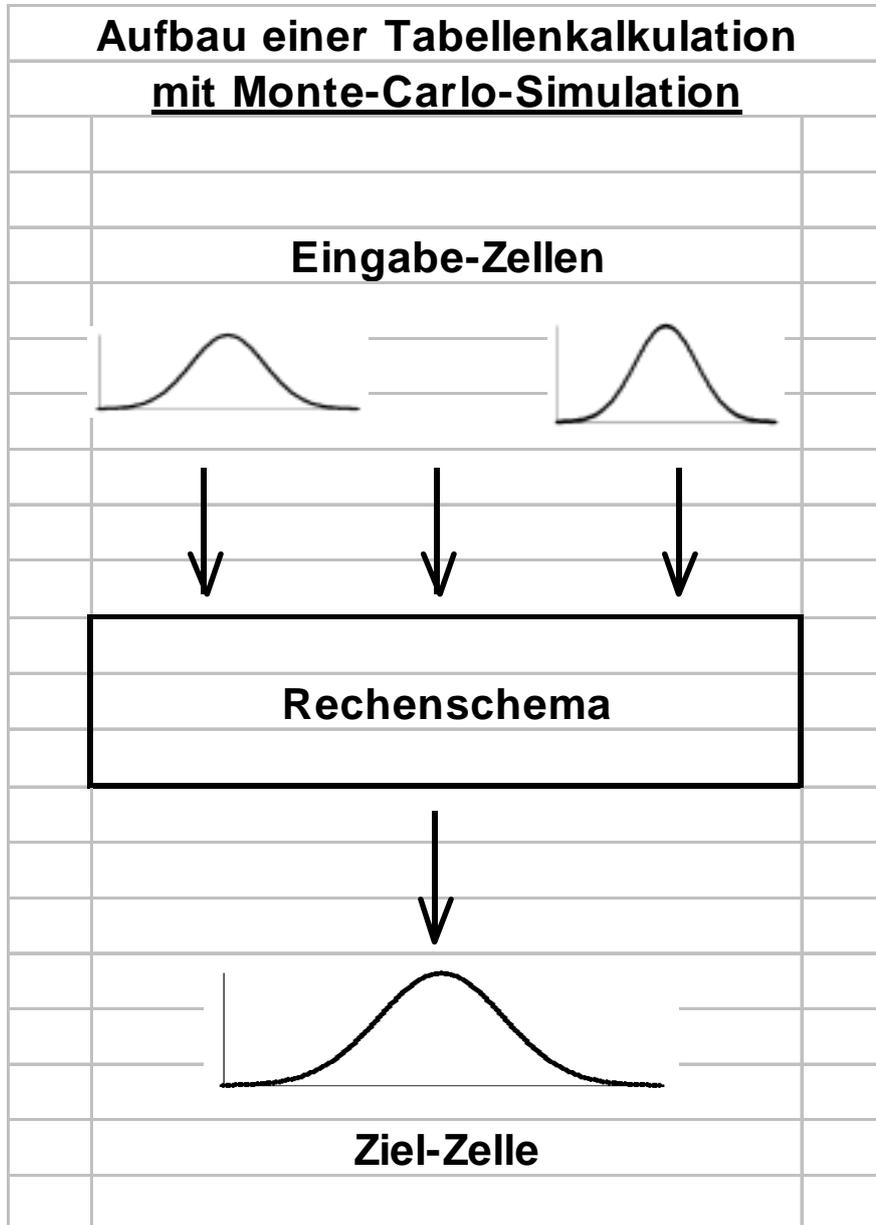
<sup>3</sup> Im Gegensatz zu Optimierungs-Modellen werden bei der üblichen Monte Carlo Simulation keine Nebenbedingungen berücksichtigt. Moderne Software-Pakete ermöglichen es aber, dass eine Optimierung mit Nebenbedingungen auch unter Berücksichtigung von «Unsicherheiten» durchgeführt werden kann (z.B. Kombination von 'Crystal Ball<sup>®</sup>' mit 'OptQuest<sup>®</sup>').

<sup>4</sup> Siehe auch SIEGEL, SHIM, 1987, <sup>2</sup>1995, S. 264f. und UPTON, COOK, 1996, <sup>2</sup>1997, S. 365ff.

<sup>5</sup> Normalerweise wird bei einer Monte-Carlo-Simulation davon ausgegangen, dass die Eingabe-Zellen voneinander unabhängig sind, d.h. keine Zusammenhänge unter den Variablen bestehen. Moderne Monte-Carlo-Simulations-Software-Pakete lassen aber auch zu, dass Zusammenhänge zwischen den Variablen definiert werden können.

<sup>6</sup> in Form der jeweiligen Häufigkeitsverteilung der Eingabe-Zellen dargestellt

Das oben gesagte kann wie folgt schematisch dargestellt werden:



## 4 Anwendungsbeispiel: Investitionsausgaben-Ueberwachung<sup>7</sup>

### 4.1 Ausgangssituation

Ein Unternehmen ist im Begriff, ein grösseres Investitionsvorhaben mit drei Teil-Investitionen zu realisieren. Damit die Geschäftsleitung über den Stand der Investitionsausgaben informiert werden kann, wurde eine Investitionsausgaben-Ueberwachung implementiert: Die Projektleiter werden jeden Monat aufgefordert, die Investitionsausgaben ihrer Teil-Investitionen neu zu schätzen und zwar in der Form von drei Eckwerten, d.h. optimistisch, realistisch und pessimistisch. Ihre Schätzungen basieren z.B. auf den bereits investierten Ausgaben, dem Stand der Zielerreichung des Teilprojekts, den aktualisierten Offerten für die noch ausstehenden Arbeiten, usw. Die drei Schätzungen pro Teilprojekt werden für die Schätzung des ganzen Investitionsvorhabens herangezogen.

#### **Investitionsausgabenschätzung beim Investitionsentscheid:**

in Mio. CHF	<u>realistisch</u>
Teilprojekt A	22
Teilprojekt B	6
Teilprojekt C	12
Investitionsvorhaben Total	40

#### **Investitionsausgabenschätzung nach einem Jahr:**

in Mio. CHF	<u>optimistisch</u>	<u>realistisch</u>	<u>pessimistisch</u>
Teilprojekt A	19	21	26
Teilprojekt B	6	8	9
Teilprojekt C	11	12	14
Investitionsvorhaben Total	36	41	49

#### **Fragestellung:**

Nachdem die Geschäftsleitung nach einem Jahr festgestellt hat, dass für das Investitionsvorhaben voraussichtlich Mehrausgaben von CHF 1 Mio. (siehe realistische Schätzung) zu berücksichtigen sind, möchte sie aber - unter Verwendung geeigneter Verfahren - mehr Einblick über die möglichen Mehrausgaben des Investitionsvorhabens vermittelt bekommen.

<sup>7</sup> Ähnlich der hier aufgezeichneten Vorgehensweise werden z.B. die Infrastrukturausgaben des Konzepts Bahn 2000 der SBB überwacht.

## 4.2 Lösungsansatz

### 4.2.1 Was-Wäre-Wenn-Ansatz bzw. Sensitivitätsanalyse

In einem ersten Schritt wäre es z.B. mit einem Was-Wäre-Wenn-Ansatz bzw. einer Sensitivitätsanalyse möglich, alle optimistischen und pessimistischen Investitionsausgabenschätzungen zusammenzuzählen und dadurch die absoluten Eckpunkte zu ermitteln. Dabei würde aber unterstellt, dass für alle Teilprojekte entweder nur die optimistischen oder nur die pessimistischen Investitionsausgabenschätzungen eintreffen werden.

Anhand der gleichen Ueberlegung wäre es zudem möglich, jede der 27 Kombinationen der Investitionsausgabenschätzungen zu berechnen.

Bei diesem Was-Wäre-Wenn-Ansatz bzw. dieser Sensitivitätsanalyse besteht aber der Nachteil darin, dass keine umfassende Information über die möglichen Investitionsausgaben (mit den jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeiten) aufgezeigt werden kann.

Dieser Nachteil wird mit einer Monte-Carlo-Simulation überwunden.

### 4.2.2 Monte-Carlo-Simulation

Zur Durchführung einer Monte-Carlo-Simulation mit z.B. 'Crystal Ball' geht man wie folgt vor:

- Über den «Befehl» 'Assumption' kann jeder Eingabe-Zelle<sup>8</sup> des «Rechenschemas» Häufigkeitsverteilungen bzw. Verteilungsfunktionen zugewiesen werden;
- Über den «Befehl» 'Forecast' wird die Ziel-Zelle definiert;
- Mit dem «Befehl» 'Run' wird nun die eigentliche Monte-Carlo-Simulation durchgeführt;
- Das Endergebnis der Monte-Carlo-Simulation wird in einer Häufigkeitsverteilung bzw. einem 'Frequency Chart' aufgezeigt. Zu dieser Häufigkeitsverteilung ist es zudem möglich, diverse statistische Kennzahlen ('Statistics') und die relative Beeinflussung der Zielgrösse durch die einzelnen «unsicheren» Eingabe-Zellen ('Sensitivity Chart') berechnen zu lassen.

In diesem Beispiel eignet sich für alle Eingabe-Zellen die Dreiecksverteilung, da diese typischerweise durch die drei Parameter: Minimum (optimistisch), höchste Wahrscheinlichkeit (realistisch) und Maximum (pessimistisch) definiert wird.

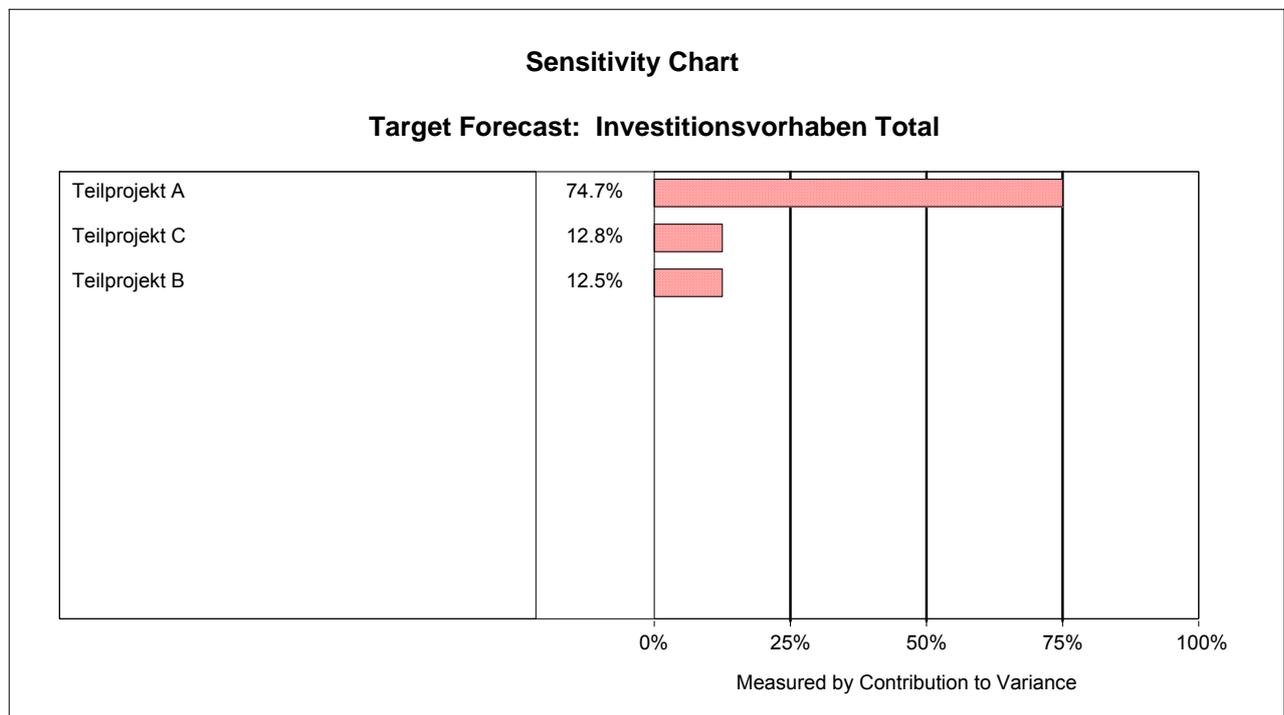
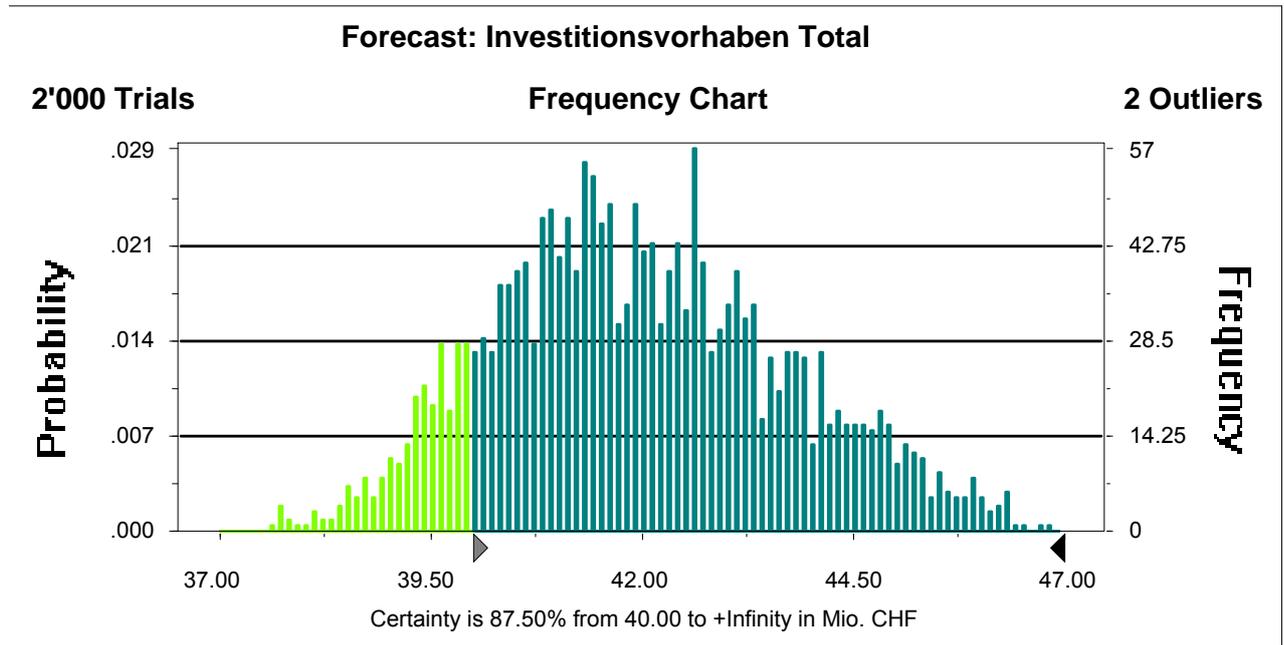
Die Ziel-Zelle ist selbstverständlich die Summe aus den drei Teilprojekten A, B und C.

Nach der Durchführung der Monte-Carlo-Simulation sieht die Häufigkeitsverteilung der Zielgrösse bzw. der 'Frequency Chart' und die relative Beeinflussung der Zielgrösse durch die einzelnen «unsicheren» Eingabe-Zellen bzw. der 'Sensitivity Chart' z.B.<sup>9</sup> wie folgt aus:

---

<sup>8</sup> Für berechnete Zellen ist dies aber **nicht** möglich!

<sup>9</sup> Da bei einer Monte-Carlo-Simulation mit Hilfe eines Zufallsgenerators die Variablen bestimmt werden, ist keine Simulation genau gleich wie die andere. Somit sind (kleinere) Unterschiede von Simulation zu Simulation - bei sonst genau gleichen Bedingungen - systembedingt, d.h. «normal».



### **4.2.3 Fazit aus der Monte-Carlo-Simulation**

Aufgrund des Wissenstandes nach einem Jahr - dargestellt in den optimistischen, realistischen und pessimistischen Investitionsausgabenschätzungen aller Teilprojekte - können folgende Aussagen gemacht:

- Die Wahrscheinlichkeit, dass das Investitionsvorhaben Total voraussichtlich über CHF 40 Mio. Investitionsausgaben aufweisen wird, beträgt rund 88%.
- Die Wahrscheinlichkeit, dass das Investitionsvorhaben Total voraussichtlich über CHF 41 Mio. Investitionsausgaben aufweisen wird, beträgt immer noch rund 70%.
- Will die Geschäftsleitung mit einem Vertrauensintervall von z.B. 85% eine richtige Aussage machen<sup>10</sup>, müsste die Schätzung der Investitionsausgaben für das Investitionsvorhaben Total auf rund CHF 44 Mio. veranschlagt werden.
- Da das Teilprojekt A ca. 75% der Streuung (besser Varianz) um die durchschnittlichen, voraussichtlichen Investitionsausgaben Total von CHF 42 Mio. verursacht, kann die Geschäftsleitung gezielt den Projektleiter für das Teilprojekt A auffordern, Massnahmen zur besseren Schätzung der Investitionsausgaben einzuleiten. [Bei den beiden anderen Teilprojekten ist der Anteil an der Streuung nur ca. je 12%, wodurch Massnahmen zur besseren Investitionsausgabenschätzung bei diesen Teilprojekten einen weit geringeren Einfluss auf die Häufigkeitsverteilung der Zielgrösse hätten.]

#### **Generelle Kritik an der Vorgehensweise bei der Investitionsausgaben-Ueberwachung beim vorliegenden Anwendungsbeispiel:**

Die Investitionsausgabenschätzung zum Zeitpunkt des Entscheids war «eindimensional». Es wurde also - bewusst oder unbewusst - unterstellt, dass genau diese Investitionsausgaben mit absoluter Sicherheit eintreffen werden. Bereits zu diesem Zeitpunkt wäre es sinnvoll gewesen, wenn die Schätzung entsprechend optimistisch, realistisch und pessimistisch pro Teilprojekt vorgenommen worden wäre. Damit hätte man bereits im Entscheidungszeitpunkt - unter Berücksichtigung der oben erwähnten «mehrdimensionalen» Schätzungen aller Teilprojekte - folgende Aussagen machen können:

- Anhand der mit einer Monte-Carlo-Simulation erstellten Häufigkeitsverteilung der Zielgrösse wäre es klar gewesen, dass die voraussichtlichen Investitionsausgaben Total von CHF 40 Mio. nicht mit 100%iger Wahrscheinlichkeit eintreten werden, sondern dass es sogar wahrscheinlich ist, dass sie überschritten werden.
- Zudem wäre damit auch die Möglichkeit geschaffen worden, die Häufigkeitsverteilung der Zielgrösse über die Zeit hinweg zu beobachten. Erst wenn sich in diesem Beispiel die Häufigkeitsverteilung der Zielgrösse allgemein nach rechts verschoben hätte, wäre es notwendig geworden, sich Sorgen zu machen.

---

<sup>10</sup> d.h. in z.B. 85% der möglichen Fälle soll die Aussage der Geschäftsleitung zutreffen

## 5 Anwendungsbeispiel: Budgetierung und Plan-Erfolgsrechnung

### 5.1 Ausgangssituation

Ein Unternehmen ist dabei, die Budgetierung für das nächste Jahr vorzunehmen. Sowohl der Vertriebs- als auch der Produktionsleiter sind aber nicht in der Lage, für das nächste Jahr bezüglich Verkaufspreis, Absatzmenge und Herstellkosten pro Stück genaue (bzw. eindimensionale) Daten zu liefern. Sowohl der Verkaufsleiter als auch der Produktionsleiter sind aber sehr wohl in der Lage, diesbezüglich Schätzungen vorzunehmen.	
Der Verkaufspreis wird vom Verkaufsleiter aufgrund von Vergangenheitsdaten wie folgt prognostiziert:	
<u>Verkaufspreis pro Stk. (in CHF)</u>	<u>Wahrscheinlichkeit</u>
zwischen 4'000.-- und 4'100.--	5%
zwischen 4'100.-- und 4'200.--	15%
zwischen 4'200.-- und 4'300.--	25%
zwischen 4'300.-- und 4'400.--	35%
zwischen 4'400.-- und 4'500.--	20%
Die Absatzmenge für das 1. Quartal des zu budgetierenden Jahres wird vom Verkaufsleiter wie folgt eingeschätzt:	
<u>Absatzmenge in Stk. im 1.Q.</u>	<u>Wahrscheinlichkeit</u>
80.0	15%
90.0	10%
100.0	20%
110.0	30%
120.0	15%
130.0	10%
Der Produktionsleiter schätzt die die Herstellkosten wie folgt ein:	
<u>Herstellkosten pro Stk. (in CHF)</u>	
1'300.00	optimistisch
1'400.00	realistisch
1'500.00	pessimistisch
Aufgrund der oben angegebenen Daten des Verkaufs- und Produktionsleiters ermittelt der Controller anhand der Angaben mit den höchsten Wahrscheinlichkeiten die folgenden Planerfolgsrechnungen der vier Quartale (bzw. kumuliert für das ganze Planjahr):	
Verkaufspreis pro Stk. (in CHF)	4'350.00
Absatzmenge in Stk. (per 1. Quartal)	110.0
Herstellkosten pro Stk. (in CHF)	1'400.00
Absatzmengenwachstumsrate p. Q.	2.7%
Ertragssteuersatz	35.0%

<b>Plan-Erfolgsrechnungen</b>					
	Q1	Q2	Q3	Q4	kum. Jahr
Absatzmenge in Stk.	110.0	113.0	116.0	119.2	<b>458.1</b>
<b>ERTRAG (in CHF)</b>					
Erlös	478'500.00	491'419.50	504'687.83	518'314.40	<b>1'992'921.72</b>
Herstellkosten	154'000.00	158'158.00	162'428.27	166'813.83	<b>641'400.10</b>
Bruttogewinn	<u>324'500.00</u>	<u>333'261.50</u>	<u>342'259.56</u>	<u>351'500.57</u>	<b>1'351'521.63</b>
<b>AUFWAND (in CHF)</b>					
F & E	70'000.00	75'000.00	78'000.00	80'000.00	<b>303'000.00</b>
Vertriebsaufwand	70'000.00	72'000.00	75'000.00	75'000.00	<b>292'000.00</b>
Verwaltungsaufwand	60'000.00	65'000.00	68'000.00	70'000.00	<b>263'000.00</b>
TOTAL Aufwand	200'000.00	212'000.00	221'000.00	225'000.00	<b>858'000.00</b>
Zinsen	41'530.00	41'530.00	41'530.00	41'530.00	<b>166'120.00</b>
Gewinn vor Steuern	82'970.00	79'731.50	79'729.56	84'970.57	<b>327'401.63</b>
Ertragssteuern	29'039.50	27'906.03	27'905.35	29'739.70	<b>114'590.57</b>
Gewinn nach Steuern	<u>53'930.50</u>	<u>51'825.48</u>	<u>51'824.21</u>	<u>55'230.87</u>	<b>212'811.06</b>
<b>Fragestellung:</b>					
Aufgrund der vom Verkaufsleiter und Produktionsleiter vorgebrachten Unsicherheiten über den zu erwartenden Verkaufspreis, die zu erwartende Absatzmenge und Herstellkosten möchte die Geschäftsleitung - unter Verwendung geeigneter Verfahren - informiert werden, wie sich der geplante Gewinn nach Steuern (kumuliert für das ganze Jahr) voraussichtlich zusammensetzen wird.					

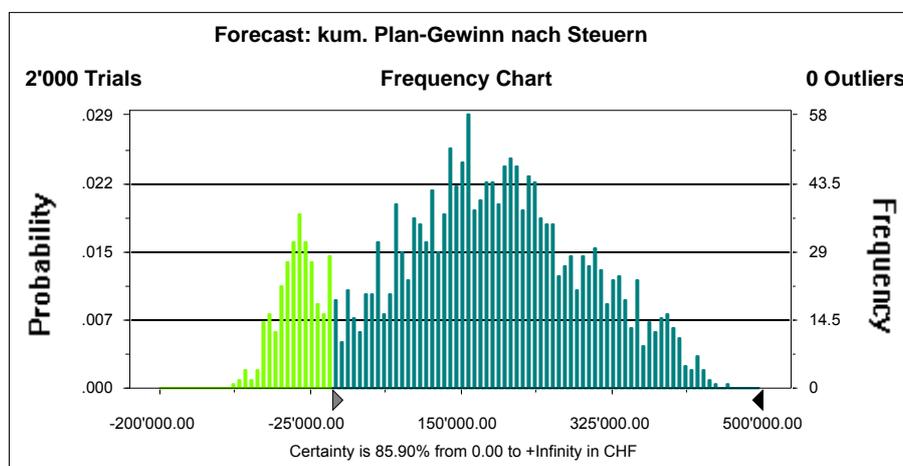
## 5.2 Lösungsansatz

### 5.2.1 Monte-Carlo-Simulation

Aufgrund der Ausgangslage ist die Verwendung einer individuellen stetigen Häufigkeitsverteilung mit Eckwerten für die Eingabe-Zelle 'Verkaufspreis pro Stück' sinnvoll, für die 'Absatzmenge in Stück' eine individuelle diskrete Häufigkeitsverteilung und für die 'Herstellkosten pro Stück' eine Dreiecksverteilung.

Weiter ist die Verwendung des kumulierten 'Gewinnes nach Steuern' für das Planjahr als Ziel-Zelle geeignet.

Nach der Durchführung der Monte-Carlo-Simulation sieht die Häufigkeitsverteilung der Zielgrösse z.B. wie folgt aus:



### 5.2.2 Fazit aus der Monte-Carlo-Simulation

Unter Berücksichtigung der in der Aufgabenstellung aufgeführten Unsicherheiten bezüglich einzelner Eingabe-Zellen können folgende Aussagen gemacht werden:

- Obwohl der Controller einen kumulierten Plan-Gewinn nach Steuern von rund TCHF 213 veranschlagt hat, ist aufgrund der Monte-Carlo-Simulation ersichtlich, dass dieser Wert bei weitem nicht so sicher erreicht wird, wie dies vermeintlich angenommen werden könnte.
- Die Wahrscheinlichkeit, dass der vom Controller errechnete kumulierte Plan-Gewinn nach Steuern erreicht wird, beträgt nur rund 36%.
- Andererseits kann aber gesagt werden, dass voraussichtlich ein kumulierter Plan-Gewinn nach Steuern mit rund 86% Wahrscheinlichkeit erreicht, d.h. ein Verlust nur mit rund 14% Wahrscheinlichkeit eintreten wird.
- Möchte die Geschäftsleitung mit einem Vertrauensintervall von z.B. 80% eine richtige Aussage bezüglich dem voraussichtlichen kumulierten Plan-Gewinn nach Steuern abgeben, so wären dafür die Eckwerte von TCHF 6 und TCHF 370 zu berücksichtigen.
- Möchte die Geschäftsleitung informiert werden, welche der drei «unsicheren» Eingabe-Zellen am meisten Einfluss auf die Streuung (besser Varianz) des voraussichtlichen kumulierten Plan-Gewinnes nach Steuern hat, wäre diese Frage aufgrund des 'Sensitivity Chart' (hier nicht aufgeführt) wie folgt zu beantworten: rund 90% wird durch die Absatzmenge in Stück verursacht. Falls der Verkaufsleiter diesbezüglich in der Lage wäre, eine genauere Schätzung vorzunehmen, könnte damit die Streuung der Häufigkeitsverteilung am effizientesten reduziert werden.

## 6 Anwendungsbeispiel: Weiterentwicklung eines Medikaments

### 6.1 Ausgangssituation

Das X-Unternehmen hat ein neues Medikament entwickelt, das bei einigen Test-Anwendungen erfolversprechende Resultate lieferte, d.h. bei diesen Test-Anwendungen konnte eine Erfolgsrate von 25% (ohne Nebenwirkungen) festgestellt werden. Bevor mit einer grossen Testgruppe von 100 Personen weitere Untersuchungen in Angriff genommen werden, verlangt die Geschäftsleitung eine eingehende Untersuchung über die Chancen und Risiken der Weiterentwicklung des Medikaments. Die Geschäftsleitung will das Medikament aber nur dann auf dem Markt einführen, wenn bei der grossen Testgruppe das Medikament bei mehr als 20% der Teilnehmer ein positives Resultat (ohne Nebenwirkungen) liefert.			
Folgende Daten bezüglich bereits erbrachter Forschungs- und Entwicklungskosten sowie der für die Markteinführung vorgesehenen Marketingkosten wurden ermittelt. Weiter sind Absatzdaten aufgrund einer vorgenommenen Markt-Untersuchung sowie der zu erwirtschaftende Deckungsbeitrag des Medikaments verfügbar.			
<b>Kosten (in Mio. CHF)</b>			
Forschung und Entwicklung des Medikaments			10.0
Kosten für weitere Untersuchung mit einer grossen Testgruppe			4.0
Marketingkosten			16.0
Total			30.0
<b>grosse Testgruppe von 100 Personen</b>			
Anzahl Personen mit positivem Resultat			100
Einhaltung der von Geschäftsleitung vorgegebene Schwelle von 20%		WAHR	
<b>Marktuntersuchung</b>			
Anzahl Personen, für die das Medikament in Frage kommt (in Mio.)			40.0
Diesbezüglicher Marktanteil von durchschnittlich ca. 8% mit rund 68% innerhalb von 6% und 10%			8.00%
Deckungsbeitrag pro Patient (in CHF)			12.0
Deckungsbeitrag des Medikaments (in Mio. CHF)			38.40
<b>Deckungsbeitrag des Medikaments (in Mio. CHF)</b>			
(unter Berücksichtigung der Genehmigung durch die Geschäftsleitung, d.h. unter Miteinbezug von "WAHR" bei Pkt. "grosse Testgruppe von 100 Personen")			8.40
<b>Fragestellung:</b>			
Der Geschäftsleitung soll mit geeigneten Verfahren aufgezeigt werden, ob sich - unter Berücksichtigung der von ihr vorgegebenen zu übertreffenden Erfolgsrate von 20% - die Weiterentwicklung des Medikaments positiv auf das Unternehmen auswirken wird.			

## 6.2 Lösungsansatz

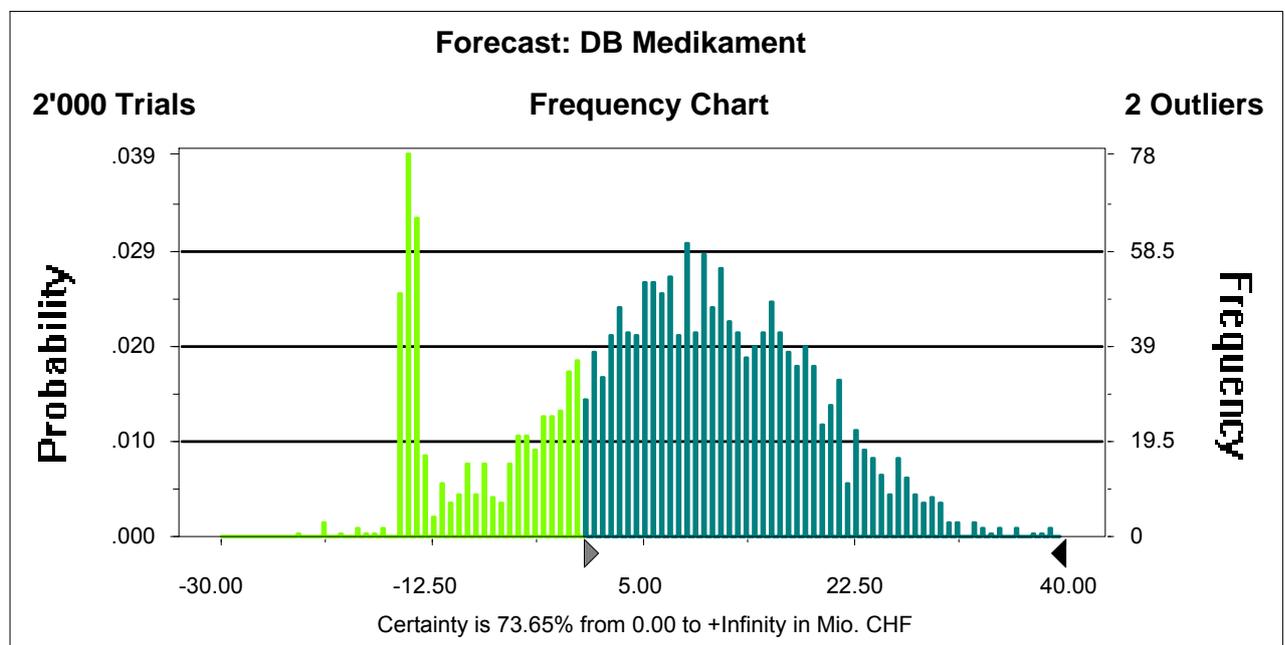
### 6.2.1 Monte-Carlo-Simulation

Aufgrund der Ausgangslage und aufgrund von Annahmen, die auf hier nicht aufgeführten Untersuchungen basieren, werden für gewisse Eingabe-Zellen die folgenden Häufigkeitsverteilungen angewendet:

- Rechtecksverteilung zwischen CHF 3 und 5 Mio. für die 'Kosten für weitere Untersuchung mit einer grossen Testgruppe';
- Dreiecksverteilung mit den Parametern CHF 12, 16 und 18 Mio. für die 'Marketingkosten';
- Binomialverteilung von 100 mit 25% Erfolgsrate für die 'Anzahl Personen mit positivem Resultat';
- Normalverteilung mit Mittelwert von 8% und Standardabweichung von 2% (ab Null) für den 'Marktanteil des Medikaments'.

Die Ziel-Zelle wird mit dem Deckungsbeitrag des Medikaments (in Mio. CHF) definiert. Dabei wird berücksichtigt, dass die Geschäftsleitung das Medikament auf dem Markt nur dann einführen will, wenn bei der grossen Testgruppe das Medikament bei mehr als 20% der Teilnehmer ein positives Resultat (ohne Nebenwirkung) liefert. Andernfalls wird das Medikament nicht auf dem Markt eingeführt, wodurch ein negativer Deckungsbeitrag des Medikaments im Umfange der 'Kosten für die Forschung und Entwicklung des Medikaments' und der 'Kosten für weitere Untersuchung mit einer grossen Testgruppe' unvermeidbar ist.

Nach der Durchführung der Monte-Carlo-Simulation sieht die Häufigkeitsverteilung der Zielgrösse z.B. wie folgt aus:



## **6.2.2 Fazit aus der Monte-Carlo-Simulation**

Unter Berücksichtigung der in der Aufgabenstellung aufgeführten Unsicherheiten bezüglich einzelner Eingabe-Zellen können folgende Aussagen gemacht werden:

- Die Wahrscheinlichkeit, dass die Weiterentwicklung des Medikaments voraussichtlich einen positiven Deckungsbeitrag erwirtschaftet beträgt rund 74%, d.h. die Wahrscheinlichkeit eines voraussichtlich negativen Deckungsbeitrages beträgt rund 26%.
- Die rund 26% sind im wesentlichen darauf zurückzuführen, dass die Geschäftsleitung das Medikament auf dem Markt nur dann einführen will, wenn bei der grossen Testgruppe das Medikament bei mehr als 20% der Teilnehmer ein positives Resultat (ohne Nebenwirkung) liefert. Der durch die Nicht-Einführung des Medikaments entstehende negative Deckungsbeitrag schlägt sich voll nieder. Dieser Umstand widerspiegelt sich in der Spitze bei der Häufigkeitsverteilung der Zielgrösse bei einem negativen Deckungsbeitrag von rund CHF 14 Mio.
- Falls die Geschäftsleitung für die Weiterentwicklung des Medikaments z.B. mindestens einen positiven Deckungsbeitrag von rund CHF 5 Mio. anstrebt, kann die Aussage gemacht werden, dass dies voraussichtlich mit rund 60% Wahrscheinlichkeit eintreten wird.
- Falls die Geschäftsleitung die Frage stellt, welche Rangfolge unter den «unsicheren» Eingabe-Zellen bezüglich des Einflusses auf die Streuung (besser Varianz) des voraussichtlichen Deckungsbeitrages des Medikamentes besteht, könnte diese aufgrund des 'Sensitivity Chart' (hier nicht aufgeführt) wie folgt beantwortet werden: rund 86% wird durch den Marktanteil verursacht und nur rund 12% aufgrund der 'Anzahl Personen mit positivem Resultat bei 25% Erfolgsrate'. Damit die Ungewissheit des voraussichtlichen Deckungsbeitrages des Medikaments verringert werden kann, ist es deshalb am effizientesten, die «Unsicherheit» bezüglich Marktanteil zu verringern.

## **7 Schlussbemerkungen**

Anhand der drei Anwendungsbeispielen konnte gezeigt werden, dass bei Entscheidungen die Monte-Carlo-Simulation sich ausgezeichnet dazu eignet, die vermeintliche Sicherheit durch eine relativierende «Unsicherheit» zu ersetzen. Damit ist es in der Praxis möglich, unliebsame mögliche «Überraschungen» bereits im voraus zu erkennen, abzuschätzen und allenfalls bereits vorab entsprechende Gegenmassnahmen zu ergreifen.

Bis vor wenigen Jahren konnten die Möglichkeiten der Monte-Carlo-Simulation nur mit grossem Operations-Research-Aufwand genutzt werden. Heute ist dies durch anwenderfreundliche Add-In-Tools für Tabellenkalkulationsprogramme auch für den mathematischen Laien möglich.

Dabei muss aber betont werden, dass die anhand einer Monte-Carlo-Simulation gewonnenen Einsichten nur so gut sein können wie die Qualität des Rechenschemas und die unterstellten «Unsicherheiten» der Variablen. Eine Monte-Carlo-Simulation ist nur eine «Technik» und befreit den Entscheidungsträger nicht von der kritischen Hinterfragung der Annahmen und Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge.

## LITERATURVERZEICHNIS

- HARRISON, P.. 1983                      Operational Research. Quantitative Decision Analysis. Core Business Studies. London: Mitchell Beazley Publishers
- HORNGREN, Charles T.;  
FOSTER, George; DATAR,  
Srikant M.. 1962, <sup>9</sup>1997                      Cost Accounting. A Managerial Emphasis. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall
- UPTON, Graham; COOK, Ian.                      Understanding Statistics. Reprinted (with corrections) 1997. Oxford: Oxford University Press  
1996, <sup>2</sup>1997
- SIEGEL, Joel, G.; SHIM, Jae,  
K..1987, <sup>2</sup>1995                      Dictionary of Accounting Terms. New York: Barron's Educational Series, Inc.
- TREPP, Giulio; ZOLLINGER,  
Walter. 1996                      Kosten- und Leistungsrechnung. Theorie und Aufgaben. Gekürzte Ausgabe. Bern: Lehrmittelverlag der Kaufmännischen Berufsschule Bern
- TREYER, Oscar, A., G.. 1990                      Verrechnungspreise für dezentralisierte Organisationen. in: Die Unternehmung 4/90, S. 247 - 272
- TREYER\*, Oscar, A., G.. 1990                      Verkaufspreisbestimmung anhand unterschiedlicher Kennziffervorgaben. in: Der Schweizer Treuhänder 6/90, S. 294 - 297