

Scholtz, Hellmut D.

Article — Digitized Version

Gewinnmaximierung durch Optimierung des Risikos

Kostenrechnungspraxis - Zeitschrift für Betriebsabrechnung, Kostenrechnung und Planung

Suggested Citation: Scholtz, Hellmut D. (1968) : Gewinnmaximierung durch Optimierung des Risikos, Kostenrechnungspraxis - Zeitschrift für Betriebsabrechnung, Kostenrechnung und Planung, Gabler, Wiesbaden, Iss. 5, pp. 203-213

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/90654>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Gewinnmaximierung durch Optimierung des Risikos

Von Dipl.-Kfm. Hellmut D. Scholtz, Aalen

In den verschiedensten Lebens- und Wirtschaftsbereichen sind bei der Festlegung zu erwartender Größen (Mengen, Zeitwerte) Entscheidungen über die Höhe der Größe zu treffen. Die Entscheidungen basieren dabei auf Schätzungen, die sich an den Mengen vergangener Perioden orientieren, oder gründen sich teilweise auch nur auf einfache Ansichten. Die Entscheidungsmodelle einiger Unternehmensberatungen und Elektronikhersteller z. B. für die Materialwirtschaft oder für den Finanzbereich berücksichtigen vielfach nicht die sehr unterschiedliche Höhe der Ausfallkosten. Die in der Literatur anzutreffenden Modelle sind teilweise für die Praxis sehr schwierig zu handhaben. Um diese Lücken zu schließen, wird im folgenden ein sehr universelles und bei einer gewissen Mühe auch gut verständliches Modell vorgestellt. Die Anwendungsmöglichkeiten reichen dabei von der Optimierung der Materialwirtschaft, der Liquidität, der Investitionen, der Fertigung, des Marketing, bis zu optimalen Daten bei der Netzplantechnik, bei der linearen Programmierung, bei der Bestimmung und Auswahl von Waffensystemen, Strategien, bei der volkswirtschaftlichen Planung usw.

1. Wie kann das Risiko optimiert werden?

1. Was bedeutet „Optimierung des Risikos“?

Die Qualität von Entscheidungen hängt zwangsläufig von der Qualität der sie beeinflussenden Daten ab. Je zahlreicher die Einflußfaktoren auf die Größenordnungen sind, von denen ausgegangen wird, um so ungenauer wird die Prognose über die zukünftigen Größen sein. Erfahrungsgemäß streuen daher vorausgesagte Größen in einer bestimmten Verteilung um die tatsächlich eintreffenden Größen. Da dieser Streuung der tatsächlichen Werte um die prognostizierten eine gewisse Gesetzmäßigkeit zugrunde liegt, wird die Streuung selbst kalkulierbar. Sie kann auch als gegebene Tatsache in bestimmte Überlegungen einbezogen werden.

Plant z. B. ein Unternehmen seine Liquidität, d. h. Herstellung oder den Einkauf einer in einem festgesetzten Zeitraum abzusetzenden Ware, so wird der ge-

plante Bedarf in den seltensten Fällen genau eintreten. Der effektive Bedarf liegt entweder über oder unter dem Planbedarf. Diese Abweichungen beinhalten nun ein unternehmerisches Risiko. Ist der Bedarf geringer, so entstehen unnötige Lagerkosten bzw. Mindererlöse bei Ware, Zinsverluste bei den liquiden Mitteln. Ist der effektive Bedarf höher, so muß mit neuen Auflagekosten bzw. entgangenen Gewinnen bei Ware, mit Zinskosten für die Aufnahme von liquiden Mitteln gerechnet werden.

Das Optimum des Planbedarfs liegt nun nicht etwa bei dem Mittelwert, der sich aus der Summe der Abweichungen herleitet. Es findet sich vielmehr bei der Planbedarfsgröße, bei der die o. a. Kosten und Verluste unter Berücksichtigung der zu erzielenden Erträge insgesamt einen maximalen Gewinn aufweisen. Das Risikooptimum entspricht nur dann dem Mittelwert einer Verteilung, wenn die Kosten der negativen Abweichungen ein

bestimmtes eindeutiges Verhältnis zu den Kosten der positiven Abweichungen aufweisen.

Wird allen Entscheidungen eines Wirtschaftssubjektes eine Optimierung des Risikos zugrunde gelegt, so wird langfristig ein maximaler Ertrag erreicht.

2. Grundsätzliche Darlegung des Prinzips der Risiko-Optimierung

Geht man davon aus, daß z. B. Bedarfe an Zeit, Mannen, Mengen in der Zeit (Liquidität, Ware, Herstellungszeiten, Feuerkraft usw.) in jedem eventuell vorkommenden Maximalfalle befriedigt werden sollen, so müssen außerordentlich große Mengen jederzeit verfügbar gehalten werden. Je nach Bedarfsart sind dabei die Kosten sehr hoch. Es treten praktisch nur Bedarfe auf, die unter der verfügbaren Menge liegen. In der Praxis wird wegen dieser hohen Kosten nicht allen Eventualbedarfen Rechnung getragen. Es wird vielmehr ein vermutlich zu erwartender Bedarf auf Grund von Vergangenheitsdaten geschätzt und für die Unsicherheiten ein nach individuellem Ermessen festgelegter Zuschlag berücksichtigt, der nur einen Teil aller möglichen Fälle abdeckt.

Unter Anwendung eines wahrscheinlichkeitstheoretischen Modells läßt sich nun ein Optimum errechnen, das langfristig einen maximalen Erfolg bringt. Ausgehend von einer Menge, die 100% aller vom Plan abweichenden Fälle deckt (im folgenden als „Bestand“ bezeichnet), wird gedanklich eine Reduzierung dieser Menge um gleichgroße Schichten angenommen. Durch jede fortschreitende Reduzierung sinken einerseits die Bestandskosten. Andererseits steigen die Ausfallkosten an, die erforderlich sind, um im Eventualfall den durch die Reduzierung entstandenen Fehlbestand auszugleichen.

Der Anstieg der Ausfallkosten bei fortschreitender Reduzierung ist bedingt durch

- Ansteigen der Zahl der Fälle, in denen der Fehlbestand ausgeglichen werden muß

-- Ansteigen der Höhe der Fehlbestände die im Einzelfall auszugleichen sind

Solange nun die Ausfallkosten je Reduzierung kleiner sind als die Kosten für das Halten der Bestände, steigt der Gesamterfolg. Das Optimum ist erreicht, wenn die Ausfallkosten einer bestimmten, sagen wir i -ten, Schichtreduzierung gleich den Kosten der Bestandhaltung der i -ten Schicht sind. Weitere Reduzierungen über die i -te Schicht hinaus bringen höhere Ausfallkosten je Schicht als Bestandskosten anfallen und fressen damit gewissermaßen den durch die vorher erfolgten Reduzierungen erhaltenen Gewinn wieder auf. Bei zu weit gehenden Reduzierungen entsteht sogar eine Verlustsituation.

Neben diese Optimierung des Risikos auf Grund der Planabweichungen tritt bei gewissen Grundsatzentscheidungen eine Optimierung der in der Zeit unterschiedlichen Bedarfe (Saisoneinflüsse, verschiedene Kampfsituationen, die unterschiedliche Feuerkraft erfordern, usw.). Diese zweite Risikooptimierung ist z. B. erforderlich, um eine Investition oder sonstige Geldanlage der Höhe nach oder ein Waffensystem der Stückzahl nach sowie eine eventuelle Entfeinerung eines Waffensystems zu bestimmen. Das Prinzip der Optimierung ist das gleiche. Es wird auf Grund der Planabweichungen zuerst der optimale Planbedarf je Periode bestimmt und anschließend nach dem gleichen System die optimale Anlagehöhe.

Es sei betont, daß bei jeder Planung — auch unter Anwendung dieses o. a. Systems — nach Ablauf des Planungszeitraumes Abweichungen festzustellen sind. Bei Benutzung eines optimalen Risikomodells ist aber die Summierung aller Abweichungen und deren Kosten gewinnmaximal.

II. Die Voraussetzungen für die Errechnung des Optimums

Wie vorne dargelegt, müssen für die Optimierung gegeben sein:

die Bedarfsgrößen (welche Mengen werden voraussichtlich gebraucht?);

die Verteilungen (mögliche Abweichungen vom geschätzten Wert) der Planfehler sowie der Bedarfe im Zeitablauf;

die Grenzausfallkosten jeder schichtweisen Reduzierung (Welche Kosten entstehen, wenn die geplante Menge eine Einheit niedriger ist als die eingetroffene Menge?);

die Grenzkosten der Bestandshaltung jeder zu reduzierenden Schicht, im folgenden Grenzertrag genannt, (Welcher Vorteil entsteht, wenn die geplante Menge um eine Einheit vermindert wird?).

A. Bestimmung des Bedarfes

Auf Grund bestimmter Gegebenheiten werden mit Hilfe der üblichen Prognoseverfahren (exponentielle Glättung, Korrelationsrechnungen, Wahrscheinlichkeitsmodelle unter Benutzung der Kumulation von Verteilungen usw.) die zu erwartenden Bedarfe geplant. Sind keine Daten vorhanden, aus denen die Prognose abgeleitet werden kann, so sind der Mittelwert sowie der Streubereich (Minima, Maxima) und die wahrscheinliche Verteilung zu simulieren.

Die bereitzustellenden Bedarfe setzen sich bei zeitlich verteilten Bedarfen (z. B. Bereitstellung von liquiden Mitteln) aus Anfangsbeständen und Zugängen minus geplanten Abgängen zusammen, die ebenfalls individuelle Verteilungen aufweisen. Diese Abweichungen brauchen aber nicht gesondert berücksichtigt zu werden, wenn man die Mischverteilung, die sich aus den Abweichungen zwischen Anfangsbestand, geplanten Zugängen und Abgängen einerseits und den effektiven Bedarfen andererseits ergibt, als die maßgebliche Verteilung betrachtet. Die Abweichungen lassen sich einheitlich als Differenz zwischen

-- effektivem Bedarf und

-- effektiv bereitgestellten Bedarfen

definieren. Setzt man diese absoluten Differenzen ins Verhältnis zu den geplanten bereitzustellenden Mitteln, ergibt sich die für die Optimierung erforderliche Verteilung der Planabweichungen.

Damit in die Verteilung nicht subjektive Faktoren der Planenden mit eingehen, muß die Planungsmethode genau fest-

gelegt werden. Wäre für die erste alle Abweichungen Grundlage für die Verteilung sind, wäre auf die Dauer zu differenzieren. Je nach Gewicht der einzelnen Faktoren dürften die Planabweichungen für bestimmte Situationen besonders typisch sein. Das würde bedeuten, daß man hinsichtlich der Größenordnung und Häufigkeit der Abweichungen vergleichbare Situationen definiert, bei denen das Optimum an Hand der gleichen Verteilung errechnet wird.

Neben der Verteilung der Planabweichungen ist ggf. die Verteilung der unterschiedlichen Bedarfsgrößen im Zeitablauf festzustellen.

B. Wie werden die Verteilungen festgelegt?

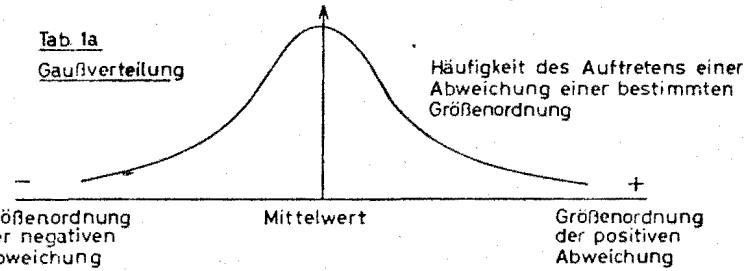
Es werden die einzelnen Plan-Ist-Abweichungen der geplanten bereitzustellenden Bedarfe einer Vielzahl von Planungsperioden ermittelt und ins Verhältnis zum jeweiligen Planwert gesetzt. In sehr vielen Fällen ergibt sich eine der Gauß-Verteilung ähnliche Verteilung; siehe die Tabelle auf S. 206.

Diese Verteilung besagt, daß die kleinen Abweichungen vom Planwert relativ häufig, die großen Abweichungen vom Planwert dagegen sehr selten auftreten.

Ergibt eine Aufstellung an Hand konkreter Zahlen keine der Gaußverteilung entsprechende Verteilung, so kann häufig durch einen Trick, nämlich durch Klassenbildung mit Hilfe von Verdopplungsreihen oder Normreihen, eine der Gaußverteilung ähnliche Verteilung erreicht werden. (In diesem Fall ist dann auch zu empfehlen, die Sicherheitsgrenzen auf einem Wahrscheinlichkeitsnetz mit logarithmischer Einteilung abzulesen).

Ist keine der Gaußverteilung, Poissonverteilung oder Binomialverteilung ähnliche Verteilung gegeben, mit denen es sich besonders günstig rechnen läßt, so ist eine Kumulation der Einzelfälle zu empfehlen.

Dies geschieht folgendermaßen: Die Zahl der Fälle jeder einzelnen Abweichungsgröße wird nach der Größenordnung der Abweichungen sortiert. Danach wird die Gesamtzahl der Fälle gleich 100% gesetzt, so daß sich für jeden Einzelfall ein



| σ | Wahrscheinlichkeit | | | | | | | | | |
|-----|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | ,00 | ,01 | ,02 | ,03 | ,04 | ,05 | ,06 | ,07 | ,08 | ,09 |
| 0,0 | 0,5000 | ,5040 | ,5080 | ,5120 | ,5160 | ,5199 | ,5239 | ,5279 | ,5319 | ,5359 |
| 0,1 | 0,5398 | ,5438 | ,5478 | ,5517 | ,5557 | ,5596 | ,5636 | ,5675 | ,5714 | ,5753 |
| 0,2 | 0,5793 | ,5832 | ,5871 | ,5910 | ,5948 | ,5987 | ,6026 | ,6064 | ,6103 | ,6141 |
| 0,3 | 0,6179 | ,6217 | ,6255 | ,6293 | ,6331 | ,6368 | ,6406 | ,6443 | ,6480 | ,6517 |
| 0,4 | 0,6554 | ,6591 | ,6628 | ,6664 | ,6700 | ,6736 | ,6772 | ,6808 | ,6844 | ,6879 |
| 0,5 | 0,6915 | ,6950 | ,6985 | ,7019 | ,7054 | ,7088 | ,7123 | ,7157 | ,7190 | ,7224 |
| 0,6 | 0,7257 | ,7291 | ,7324 | ,7357 | ,7389 | ,7422 | ,7454 | ,7486 | ,7517 | ,7549 |
| 0,7 | 0,7580 | ,7611 | ,7642 | ,7673 | ,7703 | ,7734 | ,7764 | ,7794 | ,7823 | ,7852 |
| 0,8 | 0,7881 | ,7910 | ,7939 | ,7967 | ,7995 | ,8023 | ,8051 | ,8078 | ,8106 | ,8133 |
| 0,9 | 0,8159 | ,8186 | ,8212 | ,8238 | ,8264 | ,8289 | ,8315 | ,8340 | ,8365 | ,8389 |
| 1,0 | 0,8413 | ,8438 | ,8461 | ,8485 | ,8508 | ,8531 | ,8554 | ,8577 | ,8599 | ,8621 |
| 1,1 | 0,8643 | ,8665 | ,8686 | ,8708 | ,8729 | ,8749 | ,8770 | ,8790 | ,8810 | ,8830 |
| 1,2 | 0,8849 | ,8869 | ,8888 | ,8907 | ,8925 | ,8944 | ,8962 | ,8980 | ,8997 | ,9015 |
| 1,3 | 0,9032 | ,9049 | ,9066 | ,9082 | ,9099 | ,9115 | ,9131 | ,9147 | ,9162 | ,9177 |
| 1,4 | 0,9192 | ,9207 | ,9222 | ,9236 | ,9251 | ,9265 | ,9279 | ,9292 | ,9306 | ,9319 |
| 1,5 | 0,9332 | ,9345 | ,9357 | ,9370 | ,9382 | ,9394 | ,9406 | ,9418 | ,9429 | ,9441 |
| 1,6 | 0,9452 | ,9463 | ,9474 | ,9484 | ,9495 | ,9505 | ,9515 | ,9525 | ,9535 | ,9545 |
| 1,7 | 0,9554 | ,9564 | ,9573 | ,9582 | ,9591 | ,9599 | ,9608 | ,9616 | ,9625 | ,9633 |
| 1,8 | 0,9641 | ,9649 | ,9656 | ,9664 | ,9671 | ,9678 | ,9685 | ,9693 | ,9699 | ,9706 |
| 1,9 | 0,9713 | ,9719 | ,9726 | ,9732 | ,9738 | ,9744 | ,9750 | ,9756 | ,9761 | ,9767 |
| 2,0 | ,97725 | ,97778 | ,97831 | ,97882 | ,97932 | ,97982 | ,98030 | ,98077 | ,98124 | ,98169 |
| 2,1 | ,98214 | ,98257 | ,98300 | ,98341 | ,98382 | ,98422 | ,98461 | ,98500 | ,98537 | ,98574 |
| 2,2 | ,98610 | ,98645 | ,98679 | ,98713 | ,98745 | ,98778 | ,98809 | ,98840 | ,98870 | ,98899 |
| 2,3 | ,98928 | ,98956 | ,98983 | ,99010 | ,99036 | ,99061 | ,99086 | ,99111 | ,99134 | ,99158 |
| 2,4 | ,99180 | ,99202 | ,99224 | ,99245 | ,99266 | ,99286 | ,99305 | ,99324 | ,99343 | ,99361 |
| 2,5 | ,99379 | ,99396 | ,99413 | ,99430 | ,99446 | ,99461 | ,99477 | ,99492 | ,99506 | ,99520 |
| 2,6 | ,99534 | ,99554 | ,99560 | ,99573 | ,99585 | ,99598 | ,99609 | ,99621 | ,99632 | ,99643 |
| 2,7 | ,99653 | ,99661 | ,99674 | ,99683 | ,99693 | ,99702 | ,99711 | ,99720 | ,99728 | ,99736 |
| 2,8 | ,99744 | ,99752 | ,99760 | ,99767 | ,99774 | ,99781 | ,99788 | ,99795 | ,99801 | ,99807 |
| 2,9 | ,99813 | ,99819 | ,99825 | ,99831 | ,99836 | ,99841 | ,99846 | ,99851 | ,99856 | ,99861 |
| 3,0 | ,99865 | | | | | | | | | |
| 3,1 | ,99903 | | | | | | | | | |
| 3,2 | ,99931 | | | | | | | | | |
| 3,3 | ,99952 | | | | | | | | | |
| 3,4 | ,99966 | | | | | | | | | |
| 3,5 | ,99977 | | | | | | | | | |
| 3,6 | ,99984 | | | | | | | | | |
| 3,7 | ,99989 | | | | | | | | | |
| 3,8 | ,99993 | | | | | | | | | |
| 3,9 | ,99995 | | | | | | | | | |
| 4,0 | ,99997 | | | | | | | | | |

Die Werte der Tabelle sind abgeleitet nach der Formel

$$\gamma(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{x - \mu} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx$$

x = jeder x-beliebige Wert einer Häufigkeit; μ = Mittelwert; σ = Streumaß; e, π = Konstante (e = 2,71828..., π = 3,141593...); γ = gesuchter Tafelwert; k = beliebiges Vielfaches von σ.

prozentualer Anteil an diesen 100% aller Fälle ergibt. Danach wird, beginnend mit den großen positiven Abweichungen, jeder einzelne Prozentsatz zur Summe der vorhergehenden addiert und ausgewiesen.

Es werden z. B. folgende Abweichungen im Verhältnis von den geplanten bereitzustellenden Mitteln festgestellt:

Tab. 2

Kumulation von Einzelfällen

Abweichungen der Größe nach geordnet
 58%, 38%, 33%, 33%, 22%, 22%, 20%,
 20%, 18%, 14,5%, 12,7%, 7,3%, 3,6%,
 3,6%, 3,6%, 2%, 2%, 0%, — 5,4%,
 — 7,3%, — 7,3%, — 8%, — 9,6%,
 — 12,7%, — 12,7%, — 12,7%, — 24%,
 — 27%, — 27%, — 27%, — 29%, — 47%,
 — 49%

| Ab- weichung | Fälle / Ver- teilung | Kumulation der Häufigkeit absolut | % |
|-----------------|-------------------------|---|-------|
| + 60 — + 41 | 1 | 1 | ≡ 3 |
| + 40 — + 31 | 3 | 4 | 11 |
| + 30 — + 21 | 2 | 6 | 18 |
| + 20 — + 11 | 5 | 11 | 32 |
| + 10 — + 1 | 6 | 17 | 51 |
| 0 — / 9 | 6 | 23 | 70 |
| / 10 — / 19 | 3 | 26 | 79 |
| / 20 — / 29 | 5 | 31 | 93 |
| / 30 — / 39 | 0 | 31 | 93 |
| / 40 — / 59 | 2 | 33 | ≡ 100 |
| | 33 | | |

Damit kein Irrtum entsteht, sei darauf hingewiesen, daß die Basis der Prozentzahlen bei den Abweichungen die geplanten bereitzustellenden Bedarfe (= 100) sind, während die Basis der Prozentzahlen bei der Zahl der Fälle die Gesamtzahl der Fälle (= 100) ist. Würden alle Bedarfe in gleicher Höhe anfallen, so könnte statt der Prozentzahl bei der Abweichung auch die absolute Menge gewählt werden.

Bei der Ermittlung der Bedarfsverteilung im Zeitablauf wird nach der gleichen Methode vorgegangen.

3. Grenzertrag und Grenzkosten einer Reduzierung des Maximalbestandes

Für die Entscheidung, welche Erträge und Kosten in das Modell miteinzubeziehen sind, sind sehr individuelle Gesichtspunkte maßgeblich. Steht auf Grund der Verhältnisse die Art der Kosten bzw. Erträge fest, so wird deren Höhe nach mathematischen Regeln bestimmt.

Um einen gewissen Überblick über die Methode der Auswahl der Kosten und Erträge zu geben, seien im folgenden einige Probleme kurz dargestellt:

1. Lagerwirtschaft: Rohlager, Verkaufslager, Reserve- und Ersatzteile usf.

a) Lagerbestand

— Grenzertrag einer Bestandsminderung: Einsparung von Zins- und Lagerkosten

— Grenzausfallkosten der Bestandsminderung: Transportkosten, Kosten von höherwertigen Substitutionsgütern, Produktionsausfall. Beim Produktionsausfall sind je nach Marktlage entweder der entgangene Deckungsbeitrag*) (bei Vollbeschäftigung) oder bestimmte zeitabhängige, nicht nutzbare Bereitschaftskosten (bei Unterbeschäftigung) anzusetzen.

b) Zentralisierung: Bei der Frage nach zentraler oder dezentraler Lagerwirtschaft sind in das Kalkül die gleichen Größen wie unter a) anzusetzen und beide Möglichkeiten kostenmäßig zu vergleichen.

2. Einkauf, Arbeitsvorbereitung: Hier liegen in Handel und Industrie ähnliche Probleme vor, u. a. bei folgenden Tatbeständen: Optimale Losgröße im Einkauf, in der Fertigung. Höhe eines Einkaufsabschlusses, optimale Auflage von Druckerzeugnissen, Herstellung oder Einkauf von modeabhängigen Erzeugnissen, Bestimmung optimaler Ausschußquoten.

*) Deckungsbeitrag = Erlös für ein Produkt abzüglich der variablen Kosten des Produktes (Lohn, Material, Fracht usw.)

Grenzertrag: Zins- und Lagerkosten-Einsparung bei wiederholbaren Erzeugnissen. Einsparung von variablen Kosten bei nicht mehr oder nur zu niedrigerem Wert verwendbaren Erzeugnissen.

Grenzausfallkosten: Anteiliges Ansteigen losfixer Kosten bei zu wiederholenden Auflagen. Entgehender Deckungsbeitrag bei nicht zu wiederholenden Auflagen.

3. Investitionen: Bei nicht bzw. schwer lagerfähigen Leistungen (Verkehrsgewerbe, Straßenbau, im gewissen Maße Energie usw.) wird direkt das Optimum der Kapazität bestimmt. Bei lagerfähigen Produkten dient das Kalkül der Bestimmung der maximalen Obergrenze. (Siehe hierzu: Scholtz, H.: „Wie kann der Einsatz von Investitionsmitteln optimiert werden?“ In Zeitschrift für das gesamte Rechnungswesen, IX, 1968)

Grenzertrag: Ersparter Investitionsaufwand je Leistungseinheit

Grenzausfallkosten: Entgehender Deckungsbeitrag je Leistungseinheit (Im Straßenbau Mehrkosten der Verkehrsteilnehmer)

4. Liquidität:

Grenzertrag: Guthabenzinsen für mittelfristige Anlagen

Grenzausfallkosten: Kreditzinsen für kurzfristige Kredite sowie Fixkosten der Mittelbeschaffung (Spesen, Telefon, Auto usf.) (Näheres hierzu: Scholtz, H.: „Gewinnmaximierung durch Optimierung der Kassenhaltung (Liquidität)“. In: Kostenrechnungspraxis, in Vorbereitung)

5. Reparaturen: Bei Chemiefabriken, Transferstraßen, Walzwerken, Papiermaschinen, Förderanlagen usf. Mit Hilfe eines abgewandelten Wahrscheinlichkeitskalküls wird berechnet, welche Verschleißteile bei Anfall einer Reparatur ebenfalls miterneuert werden.

Grenzertrag: Ersparter ggf. anteilmäßig ansteigender Reparaturaufwand. Ersparte Vollabschreibung für erst teilweise verschlissene Teile.

Grenzausfallkosten: Entgehender Deckungsbeitrag des Produktes. Rüstkosten.

6. Marketingmaßnahmen: Der Erfolg vieler Marketingmaßnahmen ist wahrscheinlichkeitsverteilt. Auch die Aussagen von Marktforschungsergebnissen. Um nun Maßnahmen optimal zu gestalten, ist nur über dieses Kalkül (man denke zum Beispiel an die Gleichgewichtsmodelle im Werbesektor) eine richtige Quantifizierung möglich.

Grenzertrag: Eingesparte Zins- und Lagerkosten von Produkten, Investitionskosten, Voll- oder Teilabschreibung von Halb- oder Fertigfabrikaten,

Grenzausfallkosten: Entgehender Deckungsbeitrag der Produkte.

7. Netzplantechnik: Die Vorgabezeiten des kritischen Pfades sind maßgeblich für die übrigen Tätigkeiten (z. B. Zulieferungen usw.) und die voraussichtliche Fertigstellung des Vorhabens. Da diese Zeiten ebenfalls wahrscheinlichkeitsverteilt sind, läßt sich die Planung optimieren.

Grenzertrag: Zinsertrag der Entgelte für das gesamte Vorhaben bei vorzeitiger Fertigstellung.

Grenzausfallkosten: Lager- und Zinskosten der Tätigkeiten, die nicht auf dem kritischen Pfad liegen. Je Planungsabschnitt sind dabei nur die diesen Abschnitt betreffenden Nebentätigkeiten zu berücksichtigen. Als Wahrscheinlichkeitsverteilung ist eine kumulierte Mischverteilung einschließlich der vorhergehenden anzusetzen. Planabschnitte, die bereits erledigt sind, gehen in die Verteilung nicht mit ein.

8. Lineare Programmierung: Bei einem LP-Programm sind häufig bestimmte Minimum- und Maximumbedingungen vorzugeben (z. B. höchstens 100 Einheiten Produkt A, höchstens 30 Einheiten Produkt B usw.). Weiterhin besteht die Notwendigkeit, Ersatzteillieferungen, Zubehör, Werbekosten und deren Erfolg usf. in die Rechnung miteinzubeziehen. In der Regel weisen diese Größen kein eindeutiges Verhältnis zu den o. a. Produkten auf. Das Verhältnis ist aber wahrscheinlichkeitsverteilt und läßt sich daher durch dieses Modell in seinem Ansatz optimieren. Zur Ermittlung sind

verschiedene Iterationsverfahren erforderlich, die die optimale Losgröße berücksichtigen sowie schrittweise den Grenzertrag ermitteln, der in die Rechnung mit eingeht.

Grenzertrag: Einsparungen von Zins- und Lagerkosten bei Produkten, ggf. Teil- oder Vollabschreibungen, mengenbezogenen Kosten von Vorbereitungsmaßnahmen.

Grenzausfallkosten: Differenz zwischen zwei LP-Lösungen, wenn Gewinnmaximierung Zielfunktion, wobei schrittweise die Verteilung nur immer einer Einheit durchgerechnet wird. Die übrigen Verteilungen sind mit ihren Mittelwerten anzusetzen.

9. Militärische Modelle: z.B. Bestimmung der Zahl einzusetzender Einheiten bei bestimmter Strategie bzw. Bestimmung der Strategie bei fester Zahl von Einheiten. Bestimmung eines Waffensystems; Klärung des Feinheitsgrades, Logistik usw.

Grenzertrag: Einsparung von Einheiten und deren Kosten.

Grenzausfallkosten: Zusatzkosten, um eine Aktion durch Substitutionsaktionen zu realisieren.

10. Entwicklungsvorhaben: Der Gesamtaufwand eines Unternehmens für Forschung und Entwicklung bringt den größten Nutzen, wenn die Vorhaben in der Reihenfolge des größten relativen Deckungsbeitrages (DM Deckungsbeitrag pro DM Entwicklungskosten) in Angriff genommen werden. Deckungsbeitrag pro Verkaufseinheit, Absatzmenge, Entwicklungskosten, Zeitbedarf sind wahrscheinlichkeitsverteilt. Mit Hilfe des Risikomodells kann eine optimale Auswahl getroffen werden. Je nach den Verhältnissen sind die Komponenten Grenzertrag und Grenzausfallkosten individuell zu bestimmen.

11. Volkswirtschaftliche Modelle: Die Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten des Wahrscheinlichkeitsmodells ist in diesem Bereich außerordentlich. Neben der Optimierung der Liquidität der verschiedensten Ministerien (Finanzen, Bundesbahn, Bundes-

post, Verteidigung) sowie des Bankensystems können die unterschiedlichsten Entscheidungen optimal werden. Die Bestimmung der Höhe des Investitionshaushaltes (bzw. grundsätzlich die Entscheidung über Maßnahmen bei Rezession) ist über die beiden Komponenten Zinskosten und Steuerertrag unter Berücksichtigung der Arbeitslosenquote möglich. Dabei sind auch die Konjunkturvorhersagen zu berücksichtigen. (Die Verteilung der Abweichungen der Vorhersage ist u. a. bei Wirtschaftsinstituten verfügbar).

Die oben teilweise auftretende Vieldeutigkeit mancher Ausfallkosten stellt kein Problem dar. Hierzu wird später (Punkt IV) ausführlich Stellung genommen.

Während der Grenzertrag bei sehr vielen Problemen je Schicht gleich bleibt (nicht bei Linearer Programmierung z. B.), wachsen die Grenzkosten mit fortschreitender Reduzierung an (s. o.).

- Bezeichnet man mit
- K = die gesamten Durchschnittskosten
 - ΔK = die Grenzausfallkosten
 - K_v = die variablen Kosten, die erforderlich sind, um den Ausfall einer Einheit auszugleichen
 - K_f = die fixen Kosten einer Ausfallsituation
 - W_i = die Häufigkeit, mit der ein bestimmter Fall bei insgesamt 100 Abweichungen auftritt (Wahrscheinlichkeit)
 - i = die Ordnungszahl der Reduzierung (1., 2., 3., ... m. Reduzierung)

- so sind die Kosten der
1. Reduzierung:
 $K_1 = (K_v + K_f)W_1$
 2. Reduzierung:
 $K_2 = (K_v + K_f)W_1 + K_v W_2 + (K_v + K_f)W_2$
 3. Reduzierung:
 $K_3 = (K_v + K_f)W_1 + K_v W_1 + K_v W_2 + (K_v + K_f)W_2 + K_v W_3 + (K_v + K_f)W_3$

Um die Grenzausfallkosten ΔK zu ermitteln, werden die Gleichungen voneinander abgezogen.

$$K_3 = K_3 - K_2$$

$$= K_f W_3 + K_v W_3 + K_v W_2 + K_v W_1$$

$$= K_f W_3 + K_v (W_1 + W_2 + W_3)$$

$$K_2 = K_2 - K_1$$

$$= K_f W_2 + K_v (W_1 + W_2)$$

Daraus leiten sich ab: Grenzausfallkosten bei Vorliegen von fixen Ausfallkosten

$$1) \quad \Delta K_m = K_f W_m + K_v \sum_{i=1}^m W_i$$

Und Grenzausfallkosten, wenn keine Fixkosten anfallen:

$$(2) \quad \Delta K_m = K_v \sum_{i=1}^m W_i$$

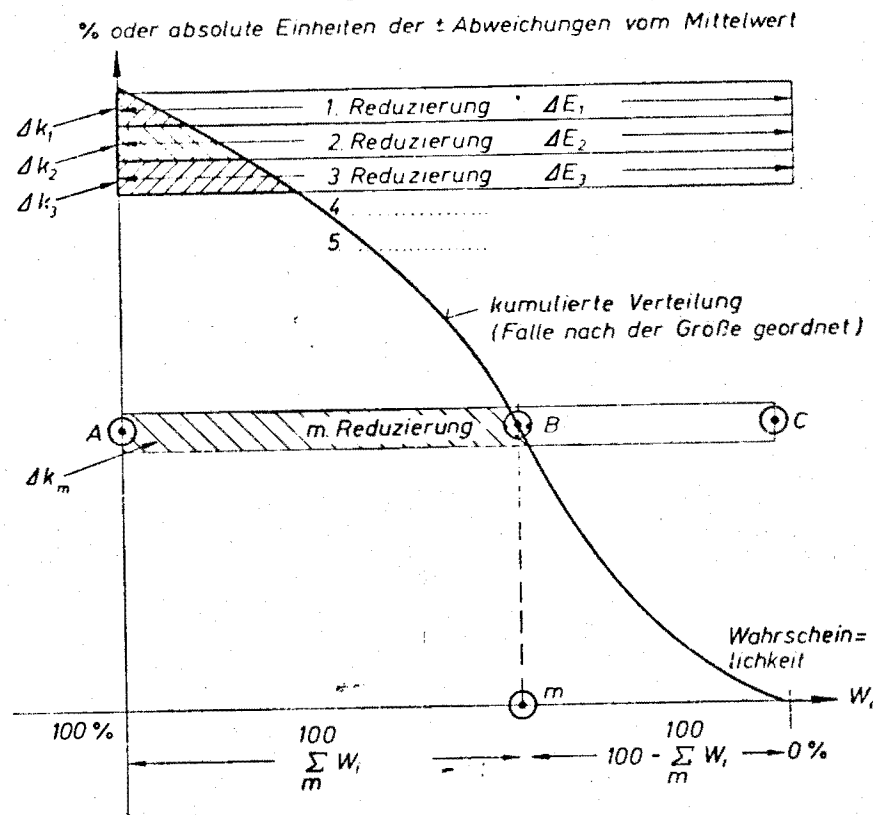
Diese letzte Form sollte auch gewählt werden, wenn K_f in Wirklichkeit variablen Charakter trägt und in vertretbarer Form in die variablen Kosten K_v eingerechnet werden kann. Ist K_f sehr klein, sollte auf diesen Wert verzichtet werden. Bei einigen Problemen ist diese Formel noch weiterhin abzuwandeln (z. B. bei Optimaler Losgröße usw.)

III. Ermittlung des Optimums des Risikos

Vie oben ausgeführt, liegt das Optimum dort, wo der Grenzertrag ΔE_m der m-ten Bestandsminderung gleich den Grenzausfallkosten ΔK_m der m-ten Bestandsminderung ist.

Tab. 3

Bestimmung des Optimums



$\Delta K_m = \Delta E_m$;
 da $\Delta K_m = K_{v_m} \sum W_i$ (siehe oben),
 folgt $K_{v_m} \sum W_i = \Delta E_m$

Ermittelt man $\sum W_i$, so kann über die Verteilung (s. Tab. 3) der Punkt A bzw. der optimale Bestand (Schnittpunkt der Koordinaten bei A) ermittelt werden. Er kennzeichnet die Planungsgröße, in der bei einer Vielzahl von Entscheidungen langfristig insgesamt der Gewinn durch Risikooptimierung maximiert wird.

Es ist
$$\sum_{i=1}^{100} W_i = \frac{\Delta E_m}{K_{v_m}}$$

Da oben in Tab. 3 die Verteilung von 0 aus summiert ist, ist der obige Ausdruck von 1 bzw. 100% abzuziehen. Das Optimum liegt also bei:

IV. Berücksichtigung der Begrenzung bestimmter Substitutionsgrößen bei den Ausfallkosten und Erträgen

In der Regel sind bestimmte Arten von Ausfallkosten und Erträgen nur in bestimmter Menge verfügbar.

Beispiel: Bei der Herstellung irgendwelcher Produkte geht ein bestimmtes Material aus. Es wird hier in einer gewissen Menge möglich sein, anderes, teureres Material ab Lager einzusetzen. Weiterer Bedarf kann durch höhere Transportkosten (Pkw-, Flugzeugtransport o. dgl.) ausgeglichen werden. Letztes Substitutionsmittel ist der Produktionsstillstand. — Ähnliche Alternativen bestehen bei fast allen Problemen, die mit diesem Modell optimiert werden können.

Setzt man diese alternativen Grenzausfallkosten bzw. Erträge in die Optimierungsformel ein, so ergeben sich mehrere

(3)
$$\sum_0^m W_i = 1 - \frac{\Delta E_m}{K_{v_m}}$$

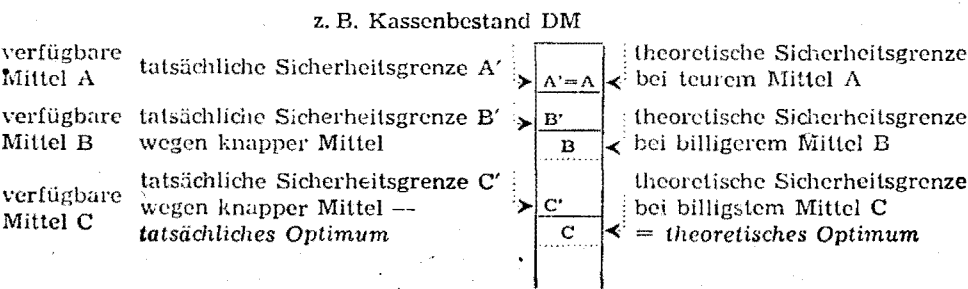
 oder
 (4)
$$\sum_0^m W_i = 100 - \frac{100 \Delta E_m}{K_{v_m}} [\%]$$

Sind Fixkosten bei den Grenzausfallkosten zu berücksichtigen, so ist die Formel entsprechend zu ergänzen. Für die Ermittlung von $\sum W_i$ ist dabei ein Iterationsverfahren erforderlich.

Wird der Ausdruck $100 - \frac{100 \Delta E_m}{K_{v_m}} < 0$, so ist von einem Planansatz in Höhe von 0 für die weiteren Entscheidungen auszugehen.

theoretische Optima. Das effektive Optimum wird bei den Ausfallkosten z. B. wie folgt errechnet. Der Gesamtbestand wird zuerst um die verfügbare Menge des teuersten Substitutes reduziert; aber nicht über die theoretische Grenze dieses Substitutes hinaus. Gleichmaßen geschieht es mit den übrigen Substituten in der Rangfolge der Höhe der Kosten. Wenn das billigste Substitut mit seiner ganzen Menge eingesetzt ist, ist das effektive Optimum erreicht. Für den Fall, daß das Risiko eintritt, sind die Substitute natürlich in umgekehrter Reihenfolge, d. h. die billigsten zuerst, zu benutzen. Je nach Verfügbarkeit der Substitute können theoretisches und effektives Optimum stark abweichen.

Tab. 4 Tatsächliche Optima bei Mengenbeschränkung der Substitutionsmittel



V. Praktisches Beispiel zur Risikooptimierung (stark vereinfacht)

Um nicht nur ein Ziel für bestimmte Fachleute zu bringen, sei im folgenden ein allgemein verständliches Problem aufgezeigt. Geht man davon aus, daß irgendein Kassenbestand (bzw. der Gesamtbestand an liquiden Mitteln) vorhanden ist, so besteht die Möglichkeit, durch mittelfristige Anlage dieses Bestandes Zinsen zu verdienen (Ertrag). Wird nun ein Teil des o. a. Kassenbestandes angelegt, so werden nicht alle Bedarfe gedeckt sein. Es entstehen Grenzausfallkosten in Höhe von Kreditzinsen, um den Bedarf zu decken.

Für die Rechnung ist dabei von 2 Verteilungen auszugehen. Eine Verteilung ist bedingt durch die z. B. in Prozenten ausgedrückte Streuung der Abweichungen um einen bestimmten Planwert, die hier als repräsentativ für alle im Zeitablauf auftretenden Bedarfe unterschiedlicher Höhe gilt. Die zweite Verteilung ergibt sich aus der unterschiedlichen Höhe der Bedarfe, die z. B. um den Jahresdurchschnitt streuen.

Bestand an liquiden Mitteln 12 Mill. DM
 Maximalbedarf (Streuung um Planmittelwert bis zu $\pm 60\%$ Tab. 2 — verteilt) 12,6 Mill. DM

Mindestbedarf (Streuung um Planmittelwert bis zu $\pm 60\%$ Tab. 2 — verteilt) 4 Mill. DM

Die Kumulation der Bedarfe im Zeitablauf (365 im Jahr), in dem auch die o. a. Maximal- und Mindestbedarfe auftreten, sind nach Gauß verteilt (Tab. 1).

Zinsertrag mittelfristiger Anlagen pE 6 % p. a.

Zinskosten kurzfristiger Kredite pK 7,5 % p. a.

Maximalbedarf 12,6 Mill. $\times 24\% = 9,6$ Mill. als Optimum
 Mindestbedarf 4,0 Mill. $\times 24\% = 3,0$ Mill. als Optimum
 daraus sich ergebender Mittelwert für die Gaußverteilung = 6,3 Mill.

Zuerst wird mit Hilfe der Formel

$$\sum_0^m W_i = 100 - \frac{100 p E}{p K} [\%]$$

die Wahrscheinlichkeit ($\sum W_i$) errechnet, bei der bei den o. a. Verteilungen die entsprechende optimale Bedarfsgröße aufzusuchen und abzulesen ist. In Tab. 3

z. B. ist $\sum_{i=1}^{100} W_i$ auf der Abszisse (Wahrscheinlichkeit W_i) wiedergegeben. Hat man nun mit der o. a. Formel $\sum W_i$ und damit den Punkt m errechnet, so geht man von m aus an die Kurve der Verteilung zum Punkt B und liest auf der Ordinate den optimalen Bestand bzw. Bedarf in Punkt A ab. Im vorliegenden u. a. Beispiel werden an Stelle der Kurve die aus der Kurve abgeleiteten Tabellen benutzt.

Die optimale Kassenhaltung liegt bei

$$\sum_0^m W_i = 100 - \frac{100 p E}{p K} \%$$

$$= 100\% - \frac{600}{7,5} \%$$

$$= 100\% - 80\% = 20\%$$

Der optimale Bedarfswert ist also mit 20% der Verteilung anzusetzen. Es werden jetzt der Maximalbedarf und der Mindestbedarf danach optimal berechnet: 20% entsprechen nach Tab. 2 einer Abweichung vom Mittelwert in Höhe von 24% (Interpolation zwischen den aus den Klassenbreiten abzuleitenden Mittelwerten der Klassen 15,5% und 25,5%; 20% $\sum W_i = 24\%$ Abweichung vom Mittelwert des Bedarfes). Wird in diesem Fall ein geringerer Bedarf als der Planbedarf als positive Abweichung definiert, so sind für die Errechnung der optimalen Bedarfswerte diese o. a. 24% vom Mittelwert (Median) der wahrscheinlichkeitenverteilten Planbedarfe abzuziehen:

Auf Grund dieser optimal bestimmten Extrembedarfe (9,6; 3) und des daraus ermittelten Mittelwertes (6,3) läßt sich nun das Optimum der Kassenhaltung (Liquidität) mit Hilfe der den Bedarfen im Zeitablauf zugrunde liegenden Gaußverteilung berechnen.

Geht man von der vertretbaren Annahme aus, daß die Extreme 3σ (σ = statistischer Ausdruck für die Streuung der Abweichungen bei der Gaußverteilung) auseinanderliegen, ergibt für 1σ :

$\frac{9,6 - 3}{8}$
 = 0,825 Mill. Dieser Wert wird benötigt, um auf Grund der Gaußverteilung (nach dem gleichen Verfahren wie oben nach Tab. 2 die Abweichung bestimmt wurde) den Abschlag vom Mittelwert (6,3 Mill.) zu berechnen.

Da die Gaußverteilung achssymmetrisch ist, sind in Tab. 1 nur die Werte zwischen 50 % und 100 % wiedergegeben. $\sum W_i$ in Höhe von 20 % muß demnach bei 80 % abgelesen werden. Unter Verzicht auf Interpolation entspricht der Tafelwert 0,7995 den 80 %. σ ist bei diesem Tafelwert mit 0,84 zu finden. Da 1σ oben mit 825 000 DM berechnet wurde, sind

$$0,84 \sigma = 825\ 000 \cdot 0,84 \approx 700\ 000$$

Zieht man diesen Betrag vom o. a. Mittelwert ab

| |
|-----------|
| DM |
| 6 300 000 |
| % 700 000 |

so ergibt sich das Optimum mit

5 600 000

Es ist also empfehlenswert, von dem Gesamtbestand an liquiden Mitteln in Höhe von

12 000 000

einen Betrag anzulegen in Höhe von

6 400 000

die bei $pE = 6\%$ einen Zinsertrag von

384 000

erbringen.

VI. Zusammenfassung

Das beschriebene Modell ist in fast allen Lebens- und Wirtschaftsbereichen anwendbar. Besondere Bedeutung hat es aber nur bei sehr großen wirtschaftlichen Einheiten, da sich dort die Kosten der

dem Ertrag stehen Ausfallkosten von insgesamt 141 000 gegenüber.

Der Gesamtertrag der Liquiditätsoptimierung beträgt somit

243 000

Die Ermittlung der Ausfallkosten (= $Kv_i \sum_{i=1}^{100} iW_i$) ist vom Prinzip her nicht erforderlich, da nur die Plangröße des optimalen Kapitalbestandes (5,6 Mill.) für die Entscheidung über die anzulegenden Mittel benötigt wird.

Finanziert sich ein Unternehmen vorwiegend mit kurzfristigen Kontokorrentkrediten, so ist auch hierbei eine Optimierung möglich. Da mittelfristig aufgenommene Kredite vielfach billiger sind als kurzfristige Kontokorrentkredite, kann der Ertrag erheblich sein.

Sind

Kosten des mittelfristigen Kredites pK_m
 Kosten des kurzfristigen Kredites pK_k
 Ertrag evtl. kurzfristiger Anlage pE_k
 (unten mit 0 angenommen)

so ist

$$\sum_{i=1}^m W_i = 100 \frac{100(pK_m - pE_k)}{pK_k - pE_k} \%$$

Nimmt man die Zahlen des o. a. Beispiels mit einem Bestand von liquiden Mitteln in Höhe von 0 an, so ergibt sich

| | |
|---|----------------|
| Kosten des kurzfristigen Kontokorrentkredites | ca. DM 496 000 |
| Kosten des mittelfristigen Kredites | <u>336 000</u> |
| Nettoertrag der Kontokorrentoptimierung | <u>160 000</u> |

Hierfür ist die Aufnahme eines mittelfristigen Kredites in Höhe von 5,6 Mill. DM erforderlich.

Optimierung sehr schnell amortisieren. Der Erfolg kann dabei auf die Dauer mehrere 100 Millionen DM ausmachen (z. B. Bundeshaushalt, Militär, Bundespost usw.)