

ERICH KOSIOL

**Prof. Dr.Dr.h.c. mult.
Freie Universität Berlin**

**MODELLTHEORETISCHE PROBLEMANALYSE
UND UNTERNEHMERENTSCHEIDUNG**

Als Galilei zu Beginn des 17. Jahrhunderts seine berühmten Versuche durchführte und daraus die Fallgesetze ableitete, vollzog er den bahnbrechenden Übergang zur empirisch fundierten quantitativen Modellanalyse. Der Siegeszug der Naturwissenschaften und die Anwendung ihrer Ergebnisse in Technik und Wirtschaft sind zugleich der Entwicklungsweg ihrer Modellkonstruktionen. Das stürmische Fortschreiten der Mikrophysik läßt sich am Wandel der Konzeptionen von Atom- und Kernmodellen verfolgen, die den Experimenten und Deduktionen zugrunde liegen.

Inzwischen hat sich herausgestellt, daß sich das Verfahren der modelltheoretischen Problemanalyse, wenn auch abgewandelt und mit weit größerer Schwierigkeit, auch auf die Sozialwissenschaften, insbesondere auf die Wirtschaftswissenschaft, übertragen läßt. Wie in den Naturwissenschaften werden die Erfolge entscheiden, ob diese Methode auf lange Sicht der Bewährung standhält. Niemals aber sollte eine Fachwissenschaft von vornherein eine bestimmte, noch ungenügend erprobte Methode ablehnen und damit auf Forschungsmöglichkeit verzichten.

Die Betriebswirtschaftslehre gehört, wie die Naturwissenschaften, zu den Realwissenschaften, die auf Erfahrungstatsachen der Wirklichkeit aufbauen. Diese Wissenschaften gewinnen daher ihre Ergebnisse mit Hilfe einer doppelschichtigen Methodik. Sie erfassen zunächst die Realität durch empirisch-induktive Forschung, um auf diesem Wege Zusammenhänge, Abhängigkeitsbeziehungen und Gesetzmäßigkeiten aufzudecken. Auf derart gewonnene, real fundierte Hypothesen gründen sich dann abstrakt-deduktive Untersuchungen, deren Resultate wiederum an der Realität überprüft werden müssen. Die betriebswirtschaftliche Theorie benötigt beide Erkenntniswege, die sich gegenseitig ergänzen und erst gemeinsam die volle wissenschaftliche Durchdringung der Phänomene ermöglichen.

Die modelltheoretische Problemanalyse, kurz als Modellanalyse bezeichnet, stellt ein besonderes Verfahren der deduktiven Forschungs-

methodik dar. Auf empirischen Grundlagen ruhend, zieht sie aus gesetzten Prämissen logische Schlußfolgerungen, die Einsichten und Problemlösungen liefern, die sich unter Umständen zur Gestaltung der Wirklichkeit verwenden lassen.

Worin liegen nun Wesen und Sinn der Modellbildung? Der wissenschaftliche Erkenntnisprozeß vollzieht zur Erfassung der komplexen Realität eine Abstraktion. Dabei werden unbedeutende Einzelheiten der Erscheinungswelt weggelassen und nur die für das Betrachtungsziel wesentlichen Merkmale, Eigenschaften und Beziehungen in den Blickpunkt einbezogen.

Diese gedankliche Vereinfachung der Wirklichkeit ermöglicht erst die rationale Durchdringung der verwickelten empirischen Zusammenhänge. Es entstehen Gedankengebilde, die gewissermaßen logisierte Gleichnisse oder Erkenntnisbilder der realen Gegenstände darstellen.

Die wissenschaftliche Abstraktion beginnt bereits mit der Bildung von Begriffen. Von Modellen spricht man aber erst, wenn es sich um zusammengesetzte Gedankengebilde handelt, die die unerfaßbare Mannigfaltigkeit der Realität und ihre umfassende Totalinterdependenz durch Abstraktion vereinfachen. Dies geschieht dadurch, daß die Modelle abgegrenzte und übersehbare Teilzusammenhänge ausgliedern, indem sie relevante Tatbestände und ihre Abhängigkeitsbeziehungen herausheben. Durch isolierende Abstraktion wird der komplexe Kausalzusammenhang auf ein vereinfachtes Denkgebilde reduziert. Solange es nicht gelingt, das reale Geschehen auf die Form eines derart schematisierenden Abbildes zu bringen, entzieht es sich dem theoretischen Zugriff. In der Wirtschaftswissenschaft ersetzt das Modell, sofern es in seinen Grundlagen von Befunden und Feststellungen in der Erfahrungswelt ausgeht, das reale Experiment der Naturwissenschaften.

Die Logisierung, auf der jede Modellkonstruktion beruht, vollzieht sich durch Formalisierung der vielfältigen materialen Sachverhalte. Ein derart entwickeltes Modell umfaßt auf Grund seiner durch Abstraktion gewonnenen formalen Struktur eine ganze Fülle sich tatsächlich abspielender Geschehenskomplexe und Vorgänge. Das Ausmaß dieser Formalisierung ist zugleich eine Frage des Abstraktionsgrades, der festlegt, wieweit ein bestimmtes Modell an die Wirklichkeit heranreicht. Je geringer der Abstraktionsgrad eines Modelles, d.h. je konkreter der Gehalt seiner Aussagen ist, desto genauer und detaillierter beschreibt es die Tatbestände der abgebildeten Wirklichkeit. Trotz größter Realitätsnähe kann

jedoch ein Modell seiner Natur nach nie zur vollen Übereinstimmung mit der Wirklichkeit gebracht werden.

Um Modelle anderen Menschen mitteilen zu können, müssen sie durch sinnfällige Symbole ausgedrückt werden. Dabei bedient man sich zunächst der traditionellen Sprache des Alltags, die für den Bereich der Wirtschaft einen besonderen Wortschatz an oft recht schwer verständlichen Fachausdrücken entwickelt hat. Zwecks zuverlässiger Präzisierung der Gedankeninhalte benötigt die Wissenschaft darüber hinaus eine exakt definierte, höchst differenzierte Terminologie, die ohne besondere Einarbeitung allerdings nicht mehr jedem Laien oder auch Fachmann zugänglich ist. Auf eine ausgebaute wissenschaftliche Fachsprache kann angesichts des stürmischen Fortschritts der Forschung und ihrer zunehmenden Spezialisierung, auch wenn man dies aus vielen Gründen bedauern mag, nicht verzichtet werden.

Modelle, die durch die Sprache in Worten symbolisiert sind, werden als verbale Modelle bezeichnet.

Sofern quantitative Sachverhalte vorliegen und das Bedürfnis nach numerischer Beherrschung von Problemen besteht, wird es notwendig, die umständlichen Langsymbole der traditionellen Sprache durch logisch präzisierte Kurzsymbole zu ersetzen und damit zur mathematischen Fachsprache überzugehen. Dadurch wird es möglich, die Operationen der Mathematik auf ursprünglich verbale Modelle zu übertragen, um Rechenprozesse zu erleichtern oder überhaupt erst zu ermöglichen.

Derart mathematisierte Modelle bezeichnet man auch als Kalkülmodelle. Sie arbeiten in der Regel mit einem bestimmten Rechenkalkül in Form von Funktionen und Gleichungen.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß das Verfahren der wissenschaftlichen Modellbildung im Sinne einer Logisierung der Realität einen fortschreitenden Prozeß der Formalisierung, Symbolisierung und Kalkülisierung der Probleme der Wirklichkeit darstellt. Die höchste Stufe der Formalisierung wird im mathematischen Modell erreicht, das die zahlenmäßige Durchdringung der Zusammenhänge und die Vorausberechnung der verschiedenen Modellkonstellationen gestattet.

Will man nun die wirtschaftliche Realität durch Modellanalyse adäquat erfassen, ist der Beziehungszusammenhang zwischen der formalen Struktur des Modells und der realen Struktur des untersuchten Problems von entscheidender Bedeutung. Ein Modell liefert nur dann ein zutreffendes Abbild der betrachteten Wirklichkeit, wenn zwischen der Formalstruktur des Modells und der Problemstruktur der modellier-

ten Wirklichkeit weitgehend sogenannte Isomorphie besteht, das heißt eine ausreichende Strukturgleichheit der gedanklichen und der realen Sphäre. Die numerischen Resultate von Kalkülmodellen können nur dann Geltung für die Wirklichkeit beanspruchen, wenn diese Isomorphie empirisch begründet ist. Nur bei isomorpher Abbildung der Sachverhalte auf das mathematische Kalkülgefüge haben die Rechenergebnisse reale Bedeutung. Daher ist es unbedingt notwendig, die Modelle ständig auf ihre empirische Anwendbarkeit zu überprüfen.

Modelle dienen nicht nur der Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse. Sie können auch dem menschlichen Handeln dienstbar gemacht werden. Soweit in den Modellen beeinflussbare oder gestaltbare Bestimmungselemente der betrachteten Phänomene vorliegen, geht das wirtschaftliche Handeln des Menschen in die modelltheoretischen Untersuchungen derart ein, daß sie Aussagen über die Auswirkungen möglichen Handelns liefern. So führt das denkende Begreifen des realen Geschehens zum handelnden Eingreifen in die Zusammenhänge der Wirtschaft.

Auf diese Weise können insbesondere die Ergebnisse von Kalkülmodellen als Planungsgrundlagen für unternehmerische Entscheidungen herangezogen werden. Die Überlegungen der Unternehmer orientieren sich dann an einer Problemanalyse mit Hilfe rechnerischer Modelle. Dadurch wird die quantitative Modellanalyse zu einem Mittel der Unternehmenspolitik, indem die Willensakte der Entscheidungen zu rational fundierten Entschlüssen werden.

Unter den mathematischen Modellen lassen sich zwei wichtige Gruppen unterscheiden. Dabei handelt es sich um die Art und Weise, wie die Modelle den tatsächlichen Entscheidungsakt durch ihre Rechenergebnisse vorbereiten. Im ersten Falle liefert das Modell Unterlagen, die nur mittelbar einer Wahlentscheidung dienen können. Dagegen gewinnt man im zweiten Fall eine direkte Lösung für die möglichen Alternativen.

Bei vielen Modellen geht es darum, eine bestimmte Größe rechnerisch zu ermitteln, wie z.B. den Monatserfolg einer Abteilung, die Einzelkosten eines Erzeugnisses, den Kapitalwert oder internen Zinsfuß einer geplanten Investition. Die Lösungen solcher Modelle werden zu Entscheidungen benutzt, indem man andere Größen der gleichen Art zum Vergleich heranzieht, wie z.B. die Kosten und Erfolge früherer Perioden oder anderer Abteilungen und Unternehmungen. Man kann die ermittelte Größe auch an einer geeigneten Vergleichsskala messen, wie z.B. an einer Sollrendite oder Kostenvorgabe. Eine andere Möglich-

keit der Anwendung ist gegeben, indem man das gleiche Modell für mehrere zur Wahl stehende Fälle, z.B. geplante Investitionen, benutzt und dann die Entscheidung an der Höhe der errechneten Größen, z.B. am Kapitalwert oder internen Zinsfuß, ausrichtet.

Diese erste Gruppe von Modellen kann man als Ermittlungsmodelle bezeichnen. Sie können als mittelbare Grundlage sowohl für Ja-Nein-Entscheidungen als auch für Wahlentscheidungen dienen oder auch als Ansatzpunkt für rationalisierende Maßnahmen verwendet werden.

Die mathematischen Modelle der zweiten Gruppe beziehen eine bestimmte Entscheidungssituation mit alternativen Möglichkeiten in ihren Kalkül ein. Sie berechnen aus einem Variationsbereich eine oder mehrere Größen, die nach vorgegebenen Kriterien eine bestimmte Alternative herausgreifen, die sogenannte optimale Lösung.

Man spricht daher von Alternativmodellen oder auch Optimalmodellen. Mit derartigen Modellen ermittelt man z.B. die optimalen Bestellmengen im Einkauf, die optimale Nutzungsdauer von Anlagen, die optimalen Produktmengen eines Fertigungsprogramms oder die optimale Investition.

Die Elemente mathematischer Modelle bestehen aus variablen und konstanten Größen.

Die konstanten Größen stellen die vorher zu bestimmenden, für die Problemstellung des Modells im Einzelfalls als unabänderlich festgelegten Voraussetzungen dar. Faßt man diese Konstanten als bewegliche Parameter auf, so bedeuten sie die vielfältigen Variationen aller Einzelfälle konkreter Situationen, die durch das formalisierte Modell generell erfaßt werden. Man unterscheidet Datenparameter, die vom Unternehmer nicht beeinflußt werden können, wie z.B. der Diskontsatz und das Volkseinkommen, und Reaktionsparameter, die der Unternehmer nur mittelbar beeinflussen kann, wie z.B. Absatzmenge, Gewinn und Liquidität durch Preispolitik oder Werbung beeinflußt werden können.

Die Variablen sind die gesuchten Größen, die den Kern des Problems bilden. Sie werden auch als Aktionsparameter bezeichnet, da der Unternehmer sie unmittelbar beeinflussen kann, wie z.B. den Güterverbrauch, die Produktmengen und den Absatzpreis für die eigenen Erzeugnisse. Bei Optimalmodellen sind Variable die Entscheidungsalternativen, die zur Diskussion stehen.

Um eine Vorstellung vom Aufbau von Optimalmodellen zu geben, seien einige wichtige Bestandteile kurz genannt.

Die Zielsetzung, die der Entscheidung zugrunde gelegt werden soll,

ist durch eine oder auch mehrere sogenannte Zielfunktionen zu formulieren. Dabei können z.B. der Umsatz, die Erzeugungsmenge, die Kosten, die Ausgaben, der Gewinn, der Verlust, die Arbeits- und Durchlaufzeit oder auch ein Ausdruck für das Risiko als Zielfunktion gewählt werden.

Diese Zielfunktionen sind dann bestimmten Ergiebigkeitskriterien zu unterwerfen, durch die eine beabsichtigte Effizienz erreicht werden soll. Beispielsweise kann die Minimierung von Kosten oder Zeiten, die Maximierung von Umsatz oder Gewinn, die Erzielung eines befriedigenden Umsatzes oder Gewinns, Kostendeckung oder Minimierung des Verlustes erstrebt werden.

Zu diesen Hauptbedingungen der Optimierung können Nebenbedingungen hinzutreten, wie z.B. Begrenzung der Kapazität, der Einsatzzeit, der Beschaffung, der Belieferung, der Lagerung, des Absatzes, des Versandes oder der Liquidität.

Die Betriebswirtschaftslehre ist von Anfang an auf die rationale Analyse und zahlenmäßige Durchdringung der Unternehmungsprozesse gerichtet gewesen. Buchhaltung, Bilanz, Erfolgsrechnung, Kostenrechnung und Kalkulation gehören zu den ältesten Modellen des Rechnungswesens im Unternehmungsbereich. Sie stellen die ersten bescheidenen Schritte auf dem Wege der quantitativen Problembehandlung dar. Dabei werden lediglich die elementaren Rechenoperationen des Addierens, Subtrahierens, Multiplizierens und Dividierens benutzt.

Auch die Ermittlungsformel für den Ertragswert der Unternehmung erfordert nur ein primitives Rechenexempel, in dem der Gewinn durch den Zinsfuß dividiert wird. Bei dieser Kapitalisierung des zukünftigen Gewinns wird eine so erhebliche Vereinfachung vorgenommen, daß der praktische Wert des Modells höchst fraglich erscheint. Es werden nämlich für die gesamte Lebensdauer der Unternehmung konstante Gewinne und Zinsfüße in den einzelnen Jahren vorausgesetzt. Ferner wird die Lebensdauer als unbegrenzt angenommen.

Erst viel später sind Verfahren der Differentialrechnung, insbesondere der Maximierung und Minimierung von Funktionen, in Verbindung mit der Marginalanalyse und Grenzkostenrechnung in der Betriebswirtschaftslehre verwendet worden. Da zunächst in grober Vereinfachung Zielfunktionen mit einer einzigen Variablen betrachtet wurden, sind diese Verfahren durchweg auf den wissenschaftlichen Bereich der Forschung beschränkt geblieben, ohne daß sie in der Praxis größere Anwendung gefunden hätten. Erst die Weiterentwicklung der Marginalanalyse zu linearen Zielfunktionen und Nebenbedingungen mit mehreren Verän-

derlichen hat nach dem Zweiten Weltkriege erhebliche Fortschritte gebracht.

Alle älteren mathematischen Modelle sind dadurch gekennzeichnet, daß sie deterministischen und statischen Charakter tragen.

Man spricht von deterministischen Modellen, wenn man im Gegensatz zur Wirklichkeit annimmt, die für die Rechnung erforderlichen Parameter seien als feste Größen eindeutig bestimmbar. Da es sich aber stets um zukunftsbezogene Größen handelt, sind sie der Höhe nach unbestimmt. Um der Realität zu entsprechen, muß die Unsicherheit der Prognose durch den Einbau von Wahrscheinlichkeiten und ihrer mehrwertigen Verteilung berücksichtigt werden.

Ein Modell wird ferner als statisch oder als Zustandsmodell bezeichnet, wenn die Veränderungen der Parameter im Zeitablauf unberücksichtigt bleiben. Die Zeit kann wohl unter den Konstanten, z.B. als zeitliche Beanspruchung von Kapazitäten, auftreten; sie erscheint dagegen nicht unter den Variablen. Statische Modelle können nebeneinander auf verschiedene Zeitpunkte oder Zeiträume bezogen und dann miteinander verglichen werden. Kosten- und Bilanzvergleiche beruhen auf einer solchen komparativ-statischen Betrachtungsweise. Will man dagegen Zustandsänderungen nicht sprunghaft vergleichen, sondern im Zeitablauf verfolgen, muß die Zeit selbst als Variable in das Modell aufgenommen werden. Auch die Unterstellungen der statischen Modelle stehen im Widerspruch zur Wirklichkeit.

Der stichwortartige Hinweis auf ältere Modelle sollte zum Bewußtsein bringen, daß mathematische Kalkülmodelle als höchste Stufe der Formalisierung in der Betriebswirtschaftslehre durchaus nichts Neues sind. Sie sind auch in der Praxis seit jeher eine selbstverständliche Methode zur Vorbereitung von Entscheidungen gewesen. Damit drängt sich die Frage auf, worin eigentlich das Besondere der neueren Entwicklung liegt, die durch Operations Research, Operationsanalyse oder Unternehmensforschung bezeichnet wird.

Operations Research ist eine Sammelbezeichnung für völlig heterogene Sachverhalte. Es handelt sich weder um eine neue Wissenschaft noch liegen einheitliche Probleme oder gleiche Methoden vor. Daher ist es schwierig, in der deutschen Sprache einen treffenden Ausdruck zu finden, der das Gemeinsame wiedergibt. In der englischen Sprache hat man es sich leichtgemacht, indem der spezielle Fall der ursprünglichen Anwendung auf militärische Operationen in der Bezeichnung einfach beibehalten wird.

Die deutsche Übersetzung in Unternehmensforschung, die sich literarisch inzwischen eingebürgert hat, ist, zum mindesten in der Betriebswirtschaftslehre, irreführend. Mit "Unternehmen" ist nicht die Wirtschaftseinheit "Unternehmung" als Gebilde gemeint. Der Ausdruck "Unternehmen" bezeichnet hier vielmehr die einzelne Operation, die Aktivität, den Handlungsvorgang oder Prozeß. Es ist daher meines Erachtens abwegig, wenn man Unternehmensforschung sogar mit Betriebswirtschaftslehre gleichsetzt.

Mir scheint, daß der gemeinsame Tatbestand, der allen Einzelheiten in der neueren Entwicklung zugrunde liegt, darin besteht, daß alternative Kalkülmodelle auf spezifische Fragestellungen und einzelne Entscheidungen angewandt werden. Man könnte daher präziser kurz von mathematischer Modellanalyse oder Entscheidungsanalyse sprechen.

Es handelt sich also keineswegs um einen revolutionären Neuansatz, sondern um einen besonders markanten Auftrieb in der konsequenten Weiterentwicklung des betriebswirtschaftlichen Rechnungswesens. Worin liegt nun das Eigenartige dieses Vorstoßes?

1. Die steigende Tendenz zur Konstruktion von Kalkülmodellen im ganzen Bereich der Humanwissenschaften, nicht nur der Betriebswirtschaftslehre, hat dazu geführt, daß ständig neuartige Modelle geschaffen werden. In der Betriebswirtschaftslehre bezieht sich die fortschreitende Konstruktion weiterer Modelle auf konkrete Wahlsituationen der Unternehmungen, um alle möglichen Entscheidungsfälle mathematisch zu lösen. Diese Bestrebungen gehen so weit, daß man, wohl sicherlich übertrieben, von einer mathematischen Richtung in der Betriebswirtschaftslehre gesprochen hat.

Dabei löst man sich von den bisher überwiegenden einfachen Rechenverfahren und scheut sich nicht vor der Anwendung komplizierter mathematischer Operationen. Der Fortschritt liegt darin, daß dadurch Probleme lösbar werden, die früher nur mit unzureichenden Methoden behandelt werden konnten. Zugleich versucht man dadurch, den Abstraktionsgrad der Modelle zu vermindern und diese der Realität stärker anzunähern.

2. Die Formalwissenschaften Mathematik, Statistik und Logik wenden sich fortschreitend den neuen Fragestellungen und Kalkülmethoden zu. Sie erarbeiten dafür bisher nicht vorhandene Lösungswege einschließlich numerischer Näherungsverfahren. Während die Weiterentwicklung der angewandten und auch reinen Mathematik früher fast völlig auf Probleme der Naturwissenschaften abgestellt war und von

dort her Anregungen für ihre Forschungsziele gewann, kommen die Impulse heute auch von den Sozialwissenschaften, insbesondere von der Wirtschaftswissenschaft.

3. Die alten Modelle mit deterministischem und statischem Charakter werden weitgreifend ausgebaut, und zwar in vierfacher Richtung.

Zunächst (1) werden durch den Ansatz simultaner Gleichungssysteme bisher als unlösbar angesehene Zurechnungsprobleme gelöst oder einer Lösung nähergebracht. Hierher gehört die Kostenumlage sich gegenseitig beliefender Kostenstellen. Auch die Ermittlung von Verrechnungspreisen für Kostenstellenleistungen, Aggregatleistungen, Produktionsmittel, Produkte, insbesondere Kuppelprodukte und andere Leistungen, ist in diesem Zusammenhang zu nennen.

Als weitere Beispiele mögen die Produktplanung und das Versandproblem dienen. Die traditionale Kostenrechnung ermittelt die Stückkosten, mindestens die Einzelkosten der einzelnen Erzeugnisse. Ihre Höhe läßt keinen Schluß zu, welche Produkte zu bevorzugen und in welchen Mengen sie herzustellen sind, um den Gewinn zu maximieren. Ebenso wenig ist es am wirtschaftlichsten, jeden Abnehmer von dem Werk aus zu beliefern, das die niedrigsten Transportkosten aufweist. Im ersten Falle ist es die Verflochtenheit von Produktarten und Anlagenkapazität, im zweiten Falle die Verbundenheit von Werkpotential und Liefermengen, die es mit sich bringen, daß derartige Zurechnungsprobleme überhaupt nur dadurch gelöst werden können, daß man sämtliche Wahlmöglichkeiten simultan in die Rechnung des Modells einbezieht.

Die neueste Entwicklung versucht sogar, zusammengehörige Teilprobleme wie z.B. die Fragen der Finanzierung und Liquidität in Verbindung mit dem Investitionsproblem zu vereinigen und simultan zu lösen. In ähnlicher Weise kann man mit der Bestimmung des optimalen Produktprogramms simultan die Bestimmung optimaler Kapazitätsänderungen verbinden.

Ferner (2) gehen die neueren Bemühungen dahin, die Unsicherheit der zukünftigen Erwartungen in den Modellen zu berücksichtigen. Durch den Einbau von Wahrscheinlichkeiten und Häufigkeitsverteilungen, z.B. von Frequenzverteilungen der Fertigung, des Absatzes oder des Lagerabgangs beim Material, der Ankunfts- und Abfertigungsrythmen an Bearbeitungsstellen oder der Bewegungsvorgänge im Verkehr, gelingt es, in sogenannten stochastischen Modellen die Zufallserscheinungen, Risiko und Unvollkommenheit der Informationen und Prognosen immer mehr rechnerisch zu bewältigen. Bei Investitionsentschei-

dungen tritt dann z.B. zum Wirtschaftlichkeitsgrad als Zusatzbedingung der Sicherheitsgrad hinzu.

Außerdem (3) ist man bestrebt, die Zeit selbst als Variable in das Modell einzufügen, so daß es in sogenannten dynamischen Modellen zunehmend möglich wird, die Ablaufphänomene und Anpassungsvorgänge rechnerisch in den Griff zu bekommen.

Endlich (4) sind strategische Modelle entwickelt worden, um auch die reaktiven Verhaltensweisen der Wettbewerber, Abnehmer oder Lieferanten, von denen die Entscheidungen der Unternehmer zusätzlich abhängen, in die Betrachtung einzubeziehen.

4. Es hat sich gezeigt, daß infolge der gesteigerten Formalisierung das gleiche Kalkülmodell verschiedenartigen Problemen in mehreren Fachdisziplinen isomorph ist und daher auch praktisch auf sie angewandt werden kann. Dies hat zu einer internationalen Kooperation aller Wissenschaften auf dem Gebiet modelltheoretischer Problemanalyse geführt. Auf der einen Seite stehen die Vertreter von Realwissenschaften, wie z.B. der Volks- und Betriebswirtschaftslehre, der Physik, der Biologie, Psychologie, Soziologie und Technik. Auf der anderen Seite befinden sich die Vertreter von Formalwissenschaften, das heißt Mathematiker, Statistiker und Logistiker. Sie vereinigen sich zu Forschungsgruppen, die gemeinsam mit Vertretern der Praxis Alternativmodelle konstruieren und ihre Anwendungsmöglichkeiten überprüfen.

5. Die praktische Bewältigung der durch die neueren Modelle entstehenden umfangreichen Rechenaufgaben wird erst möglich durch die gleichzeitige Entwicklung der dazu erforderlichen Hilfsmittel in der Gestalt elektronischer Speicher- und Rechenaggregate, insbesondere programmgesteuerter und integrierter Datenverarbeitungsanlagen.

Damit sind die wichtigsten Punkte aufgeführt, die die stürmische Entwicklung der quantitativen Modellanalyse und ihre hervorstechenden Merkmale kennzeichnen. Mit Nachdruck muß aber zugleich auf die Voraussetzungen und die Grenzen der modelltheoretischen Problemanalyse hingewiesen werden.

1. Jedes Modell besitzt einen unüberschreitbaren Rahmen, der durch die Konstanz der Parameter fixiert und durch restriktive Gleichungen formuliert ist. Die ermittelten Lösungen sind daher an diese Begrenzungen gebunden. Entsprechen die Konstanz der Parameter und die unterstellten Restriktionen nicht der Realität, so verlieren die Lösungen des Modells ihre reale Geltung.

In vielen Zielfunktionen und Bedingungsgleichungen werden kon-

stante Beschaffungspreise, Kostensätze und Verkaufspreise vorausgesetzt, obwohl tatsächlich Kosten- und Preisänderungen im Zeitablauf stattfinden. Meist wird außerdem unterstellt, daß neben den zurechenbaren Einzelkosten proportionalen Charakters nur noch fixe Kosten vorhanden sind, so daß sich konstante Deckungsbeiträge je Erzeugnis ergeben. Degressive und progressive Kostenverläufe bleiben damit unberücksichtigt.

In der üblichen Formel zur Ermittlung der optimalen Bestellmenge werden sämtliche übrigen Größen als unveränderlich angenommen. Insbesondere wird der Einstandspreis der Ware als unabhängig von der Bestellmenge betrachtet. Die ebenfalls vorausgesetzte Unabhängigkeit der fixen Kosten je Bestellung von der Bestellmenge bedeutet, daß die Zahl der im Jahre erteilten Aufträge ohne Einfluß auf die Kosten der einzelnen Auftragsbearbeitung ist und somit die beteiligten Abteilungen ständig ausgelastet sind.

2. Jedes Modell enthält in irgendeiner Weise Vereinfachungen, die offengelegt und nicht übersehen werden dürfen. Dabei kann es sich z.B. um den der Wirklichkeit widersprechenden deterministischen oder statischen Charakter der Modelle handeln, um die irrealen Linearität der Gleichungen oder um das gewählte Verteilungsgesetz der Wahrscheinlichkeiten.

Je größer die formale Vereinfachung und je stärker der Abstraktionsgrad des Modells, je geringer die Zahl der Variablen und der Nebenbedingungen ist, desto mehr entfernt sich das Modell von der Vielfältigkeit der Realität und verlieren die Ergebnisse an Aussagekraft und Anwendbarkeit. Umgekehrt nimmt durch Anreicherung der Modelle ihre mathematische Kompliziertheit derart zu, daß sie auch dadurch ihren praktischen Wert einbüßen können. Es wird dann in der Regel vorteilhafter, Probier- und Simulationsmethoden, gröbere Annäherungsverfahren und ältere Modelle der Marginalanalyse anzuwenden. Hier liegt eine Art Dilemma der Realitätsnähe und Wirklichkeitsfremdheit von Modellen vor.

Die verschiedenen Unternehmungsbereiche besitzen daher unterschiedliche Eignung für die Anwendung mathematischer Modelle. Technische Probleme, bei denen es auf die mengenmäßige Ergiebigkeit ankommt, lassen sich leichter quantifizieren und auf bekannte technologische Gesetzmäßigkeiten zurückführen. Daher liegen in der Fertigung und im Transportwesen sowie in der Ablauforganisation von Produktionsprozessen Hauptanwendungsgebiete für die Modellanalyse. Dagegen

liegen die Dinge weit schwieriger bei Problemen, die eine hohe Marktnähe aufweisen und eine wertmäßige Ergiebigkeit erfordern. Im Beschaffungs- und Absatzbereich wie auch bei Investitionsproblemen sind Prognosen mit so starker Unsicherheit behaftet, daß mathematische Modelle nur geringe empirische Aussagekraft haben.

3. Die praktische Anwendung setzt eine einwandfreie und zuverlässige numerische Ermittlung aller Parameter voraus. Damit wird ein bestimmtes Ausmaß an Informationen und ihre operationale Messung und Bewertung gefordert. Hier wird die steigende Bedeutung des überlieferten Rechnungswesens sichtbar. Durch mathematische Modellanalyse wird z.B. die Kostenrechnung keineswegs überflüssig, vielmehr als Grundrechnung für Entscheidungsmodelle noch wichtiger als zuvor.

4. Die Mehrzahl der Modelle behandelt abgegrenzte Teilprobleme, wie sie in Abteilungen und Teilbetrieben auftreten. Sie dienen auf den mittleren Leitungsstufen dazu, optimale Lösungen für einen bestimmten Bereich, unabhängig von Problemen anderer Art, zu finden. Im Sinne der Dezentralisierung von Entscheidungen verfolgen sie Ziele der Suboptimierung. Es fehlt eine Koordinierung der verschiedenen Teilprobleme und ihrer Suboptima und ihre Einordnung in übergeordnete Zusammenhänge und ihr Gesamtoptimum.

Die sumultane Behandlung von Teilproblemen in einem Gesamtmodell bedeutet sicherlich einen Fortschritt, findet aber an der steigenden mathematischen Kompliziertheit eine Grenze. Die Aufstellung eines Supermodells, das alle Entscheidungsprobleme einer Unternehmung umfaßt, dürfte so wenig gelingen wie die der Laplaceschen Weltformel.

5. Ganz allgemein ist zu beachten, daß der modelltheoretische Entscheidungsvorgang am Ende eines umfänglichen Planungsprozesses steht. Er selbst stellt einen nur logisch deduzierenden Auswahlakt dar, der auf vorher festgelegten Prämissen beruht. Die Schlußfolgerungen des Modells besitzen - Richtigkeit der Deduktion vorausgesetzt - nur logische Wahrheit, dagegen als solche keine empirische Geltung. Erst die Prämissen verleihen den Lösungen des Modells reale Bedeutung. Sie müssen daher ständiger Überprüfung an der Wirklichkeit unterworfen werden. Ihre Verifizierung erhöht die praktische Brauchbarkeit des Modells. Ihre Falsifizierung nimmt dem Modell seinen realen Aussagewert.

Der logischen Modellentscheidung geht somit eine Fülle von Planungsüberlegungen voraus, die zu einem wesentlichen Teil in Vorentscheidungen des Unternehmers bestehen. Dabei handelt es sich u.a. um

die Fixierung der Zielsetzungen unter Einschluß der einschränkenden Nebenbedingungen, die Angabe der Kriterien, die die erstrebte Optimierung ausdrücken, sowie die Gewinnung und Verarbeitung der erforderlichen gegenwarts- und zukunftsbezogenen Informationen zur Bestimmung der Modellparameter, der Daten- und der Reaktionsparameter. Alle diese Tatbestände werden nicht vom Modell gelöst, sondern in ihm vorausgesetzt.

6. Hat dann abschließend das Rechenverfahren des Modells seine theoretische Lösung geliefert, so bleibt noch die faktische Willensentscheidung. Diese ist außerlogischer Natur und berücksichtigt auch außerökonomische Gesichtspunkte und Werturteile über Ziele, Mittel, Verfahren und Risiken. Vor allem sind Tatbestände zu berücksichtigen, die sich einer Quantifizierung entziehen und oft von wesentlicher Bedeutung für die Entscheidung sein können. Diese Einflüsse machen sich namentlich bei unzureichenden Informationen, bei Mängeln der realtheoretisch fundierten Prognosen und bei grundlegenden Entscheidungen der Unternehmungspolitik geltend. Dennoch besitzt die quantitative Modellanalyse für Unternehmerentscheidungen einen eminent hohen Wert. Sie dient dazu, wenigstens teilweise die Entscheidungen aus der rein intuitiven Sphäre auf die rationale Ebene diskursiven Denkens und Handelns zu verlagern. Die Vorzüge der mathematischen Symbolsprache und Schlüsse, die in ihrer Kürze, Übersichtlichkeit, Klarheit, Genauigkeit und logischen Stringenz liegen, sind von so großen Vorteil, daß man die Enge der Modellvoraussetzungen mit Rücksicht auf die erreichbare Rechenbarkeit der Problematik hinnehmen muß. Jedes derartige Entscheidungsmodell erhält auch unter den gezogenen Grenzen seinen ökonomischen Sinn und seine praktische Brauchbarkeit. Von einem Modell als gedanklichem Hilfsmittel darf man nicht mehr verlangen, als in ihm enthalten ist. Wie beim Computer kann man nur das herausholen, was man zuvor hineingesteckt hat. Dies gilt nicht nur für verwickelte mathematische Modelle neuerer Art, sondern ebenso für verbale Modelle und die einfachen überlieferten Rechenverfahren, die gleichfalls bestimmten Voraussetzungen unterliegen. Maßgebend ist, ob man ohne ein solches Modell die Problemlösung überhaupt nicht rational erfassen kann, so daß man ohne ausreichende Denkkunterlagen mehr nach allgemeiner vager Erfahrung, nach subjektiven Maßstäben und Fingerspitzengefühl entscheiden muß.

Auf der einen Seite besteht die Gefahr, die Möglichkeiten mathematischer Modelle zu übertreiben und in ihnen das Ei des Kolumbus zu

erblicken, das alle Rätsel löst. Damit überschreitet man die Grenzen ihrer kritischen und sinnvollen Anwendung. Davor ist mit allem Nachdruck zu warnen.

Auf der anderen Seite darf man den unerhörten Fortschritt nicht verkennen, den die Quantifizierung, Exaktifizierung und fortschreitende Mathematisierung auch des wirtschaftlichen Handelns darstellt. Die Rechnung ist ein Hilfsmittel, das zwar nicht völlig hinreicht, wohl aber notwendig ist für rational fundierte Überlegungen.

Es wäre also unklug vom Unternehmer, wenn er auf diese wertvolle Untermauerung seiner Entscheidungen verzichten wollte. Was aber notwendig erscheint, ist eine enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis, um gemeinsam die der Wirklichkeit adäquaten Modelle zu konstruieren und ihre Anwendbarkeit zu erproben. Nur so kann die Realitätsnähe wissenschaftlicher Unternehmensführung gesichert werden. Diese Zusammenarbeit ist vor allem deshalb von größter Bedeutung, weil die Mehrzahl der theoretisch entwickelten Modelle heute noch ungenügend empirisch bestätigt ist. Die kritischen Einwendungen der Praxis beruhen durchweg darauf, daß es noch nicht gelungen ist, eine ständige Kooperation mit der Wissenschaft herzustellen.

Über allem aber steht die Erkenntnis, daß die Modelle keinen Ersatz für die Entscheidungen selbst bieten. Es bleibt vielmehr dem Unternehmer überlassen, die Gesamtkoordinierung der betrachteten Teilaspekte und ihrer Suboptima vorzunehmen sowie die Lücken der modellanalytischen Voraussetzungen, der unsicheren Erwartungen und fehlenden Informationen zu beseitigen. Ich schließe mit der Feststellung:

Das tatsächliche Wagnis, der zahlenmäßig nicht mehr auflösbare Rest und die Verantwortung, die im Entscheidungsakt liegt, können dem Unternehmer nicht abgenommen werden.