SCIENTIA NOVA

eine Bibliothek des modernen wissenschaftlichen Denkens

Bisher erschienen:

Richard C. JEFFREY, Logik der Entscheidungen

Norman MALCOLM, Ludwig Wittgenstein

Oskar MORGENSTERN, Spieltheorie und Wirtschaftswissenschaft

Ernest NAGEL - James R. NEWMAN, Der Gödelsche Beweis

John VON NEUMANN, Die Rechenmaschine und das Gehirn

Hubert SCHLEICHERT, Elemente der physikalischen Semantik

Erwin SCHRÖDINGER, Was ist ein Naturgesetz?

Herman WEYL, Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft

Dean E. WOOLDRIDGE, Mechanik der Gehirnvorgänge

Dean E. WOOLDRIDGE, Mechanik der Lebensvorgänge

KARL H. BORCH

Wirtschaftliches Verhalten bei Unsicherheit

R. OLDENBOURG WIEN-MÜNCHEN 1969

Titel der Originalausgabe: Karl Henrik Borch, The Economics of Uncertainty. Princeton University Press, 1968

© 1968 by Princeton University Press, Princeton, N. J.

Übersetzt von Dr. Erich Hautz und Dr. Uwe Schubert

© 1969 R. Oldenbourg, München

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

Druck R. Spies & Co., Wien

Inhaltsverzeichnis

	VORWORT	7
1	Die ökonomische Theorie bei Unsicherheit	9
2	Ökonomische Entscheidungen unter Unsicherheit	23
3	Das Bernoulli-Prinzip	42
4	Einige Beispiele zur Anwendung des Bernoulli-Prinzips	60
5	Portfolio-Selection	79
6	Das Bernoulli-Prinzip – Beobachtungen und Experimente	102
7	Entscheidungen bei unbekannten Wahrscheinlichkeiten	125
8	Marktgleichgewicht bei Unsicherheit	141
9	Das Zwei-Personen-Nullsummenspiel	171
10	Das allgemeine Zwei-Personen-Spiel	201
11	Elemente der allgemeinen Spieltheorie	232
12	Die Ziele eines Unternehmens	254
13	Überleben und das Ziel eines Unternehmens	277
14	Kredibilität und subjektive Wahrscheinlichkeit	307
15	Gruppenentscheidungen	326
	PERSONEN- UND SACHREGISTER	343

Vorwort

Gegen Ende des Zweiten Weltkrieges veröffentlichte Feldmarschall Wavell einen Gedichtband unter dem Titel *Other Men's Flowers*. Das wäre auch ein passender Titel für dieses Buch gewesen, wenn dadurch nicht der Eindruck entstehen könnte, daß die Ökonomen einander nicht ernst nehmen.

Ich habe für dieses Buch die Resultate und Forschungen anderer Leute herangezogen, wenn ich sie nützlich fand und wenn sie in das Konzept paßten, von dem ich hoffte, daß es Anklang finden würde. Da ich nicht Japaner bin, behaupte ich nicht, daß das Arrangieren von Blumen eine Kunst ist bzw. daß es besonders nützlich ist. Trotzdem hoffe ich, daß dieses Buch den Studenten der Ökonomie von Nutzen sein wird. Ich hoffe, es kann ihnen zeigen, daß eine Anzahl von neueren Ergebnissen auf verschiedenen Gebieten der Ökonomie und anderen Sozialwissenschaften tatsächlich eine Einheit bilden. Viele junge Ökonomen scheinen von diesen Ergebnissen oft so fasziniert zu sein, daß sie den Wald vor lauter Bäumen nicht mehr sehen. Der Zweck dieses Buches soll es sein, den Leser zu überzeugen, daß die Bäume wohl überaus interessant sind, daß aber der schöne Wald das wirklich Wichtige ist. Wir leben nämlich darin.

Es ist unmöglich, ein Buch dieser Art zu schreiben, ohne einer großen Anzahl von Kollegen verpflichtet zu sein. Diese Verpflichtung ist offensichtlich, wo ich die Arbeiten anderer zitiere. An anderen Stellen ist diese Verpflichtung weniger evident, jedoch genauso vorhanden. Es gibt eine gewisse Tradition im Vortrag des Gegenstandes dieses Buches, die im Aufzählen einer Menge von Beispielen, Gegenbeispielen und paradoxen Fällen besteht, welche von geistreichen Leuten erfunden wurden, oft jedoch als Teil des Allgemeinwissens angesehen werden. Ich habe mich dieser Tradition in großem Umfange bedient, und es ist mir unmöglich, alle jene namentlich anzuführen, die erwähnt werden sollten und denen ich zu Dank verpflichtet bin.

Mein besonderer Dank gebührt jedoch Professor *Oskar Morgenstern*. Ohne seine Ermutigung über eine Reihe von Jahren wäre dieses Buch niemals entstanden. Mit seiner Arbeit ermöglichte er auch den Durchbruch, der den Weg zu jenen Ergebnissen ebnete, welche ich in diesem Buch zusammenzufassen versucht habe.

Alle anderen, denen ich besonders verpflichtet bin, glaube ich, werden ihrerseits selbst Professor *Morgenstern* zu Dank verpflichtet sein, so daß sie sicher nicht beleidigt sein werden, wenn ich ihn in dieser Weise hervorhebe.

Das Buch erreichte seine vorliegende Fassung in einer Reihe von Jahren und ist das Ergebnis von Vorlesungen, die ich an der Norwegian School of Economics and Business Administration in Bergen, an dem Institut für Höhere Studien in Wien und an der Graduate School of Business Administration of University of California in Los Angeles hielt. Ich verdanke meinen Studenten wahrscheinlich mehr, als ich glaube. Ihre Fragen und Kommentare halfen eine Menge von Problemen zu klären, die noch unklar waren, als ich sie zum erstenmal präsentierte.

Bergen, August 1966. *Karl Borch*

1 Die ökonomische Theorie bei Unsicherheit

1.1

Die ökonomische Theorie beschäftigt sich in der Hauptsache mit Entscheidungsproblemen. Wenn wir darangehen, zu untersuchen, welche Rolle die Unsicherheit in der Wirtschaftstheorie spielt, so erscheint es als selbstverständlich, mit jenem Gegenstand zu beginnen, der gewöhnlich als *Entscheidungen unter Unsicherheit* bezeichnet wird. Dieser Ausdruck ist allgemein gebräuchlich, wurde sowohl als Titel für eine Anzahl von Büchern und Artikeln als auch als Bezeichnung für Vorlesungen verwendet und kann als Stichwort in Bibliothekskarteien und Nachschlagewerken gefunden werden. Es wäre daher eventuell angebracht, dieses Buch „Entscheidungen unter Unsicherheit — mit Anwendung auf wirtschaftliche Probleme" zu nennen. Doch aus einer Anzahl von Gründen, die in diesem Einführungskapitel noch näher besprochen werden sollen, ist der allgemeinere Titel „Die ökonomische Theorie bei Unsicherheit" vorzuziehen.

1.2

Bei einfacheren Entscheidungsproblemen — im Geschäftsleben oder auf anderen Gebieten — nehmen wir die Umwelt als gegeben an, zumindest in wahrscheinlichkeitstheoretischer Sicht, und versuchen, die „beste" oder „optimale" Entscheidung zu finden.
Das klassische Beispiel ist, daß wir die Preise bzw. ihre Wahrscheinlichkeitsverteilungen als vorgegeben annehmen und dann entscheiden, wie wir disponieren sollen, um die höchstmögliche Bedürfnisbefriedigung zu erreichen. Sind wir *Produzenten*, so besteht unser Problem darin, herauszufinden, wieviel wir er-

zeugen müssen, um unsere Gewinne bzw. erwarteten Gewinne zu maximieren. Die unvermeidliche Frage bleibt dann: Von wem werden die Preise oder ähnliche Parameter festgesetzt? Sind sie von Gott oder von der Regierung gegeben, so können wir wenig unternehmen. Wir sind in die Defensive gedrängt, doch wissen wir immerhin, wie wir daran sind. Wir können die für uns beste Handlungsweise ermitteln — die sich unter Umständen auch als recht gewinnbringend erweisen kann.
Nehmen wir beispielsweise an, ein Bauer könne im Frühling entweder Kartoffeln oder Weizen anbauen. Nehmen wir weiter an, daß der Anbau von Kartoffeln im Falle eines trockenen Sommers das günstigste wäre, während im Falle eines feuchten Sommers der Anbau von Weizen die beste Ernte ergeben würde. Wenn wir die Beschreibung dieser Situation vervollständigen, so erhalten wir ein typisches Beispiel einer Entscheidungssituation unter Unsicherheit. Um ein solches vollständiges Modell zu bekommen, müßten wir Elemente wie die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Regenfalls in Zentimetern und die Beziehung zwischen der Regenmenge und dem Ertrag an Kartoffeln und Weizen näher spezifizieren.
Als Lösung dieses Problems wäre denkbar, daß der Bauer auf 40% seines Bodens Weizen und auf dem Rest Kartoffeln anbauen sollte — in jedem Fall müßte er eine Entscheidung treffen, die in ähnlicher Form beschrieben werden könnte. Mit einer solchen Lösung würde er immer verhältnismäßig gut abschneiden, ohne Rücksicht darauf, was sich wirklich ereignet, und er würde sogar sehr gut abschneiden, wenn die wahrscheinlichste Situation eintreten sollte.

1.3

Werden die Preise oder andere Elemente unseres Problems von keiner höheren Stelle vorgegeben, so sind sie möglicherweise das Ergebnis von Entscheidungen, die von anderen in ähnlicher Situation befindlichen Personen getroffen wurden. In diesem Falle tritt eine grundlegende Änderung des Problems ein.

Nehmen wir zum Beispiel an, daß alle meteorologischen Voraussagen darin übereinstimmen, daß es einen trockenen Sommer geben wird. Das würde bedeuten, daß jeder vernünftige Bauer auf seinem gesamten Boden Kartoffeln anbauen würde. Würden sich nun alle Bauern so verhalten, so bestünde die Möglichkeit, daß die Preise für Kartoffeln stark fallen und der dumme — oder schlaue — Bauer, der Weizen angebaut hat, von einer allgemeinen Knappheit an Weizen profitiert. Die Entscheidung für Weizenanbau könnte in diesem Fall auf völliger Weltabgeschiedenheit oder aber auch auf Gedanken über die zukünftige Preisentwicklung beruhen.

1.4

Als ein weiteres Beispiel wollen wir annehmen, daß wir eine Summe Geldes zur Verfügung haben, die wir auf dem Aktienmarkt investieren wollen. Wir können nun die Aussichten der verschiedenen Gesellschaften studieren, ebenso wie die Kurse ihrer Aktien, und können darauf ein bestimmtes Aktienpaket als „Bestkauf" auswählen.
Wir können Methoden der höheren Mathematik und spitzfindige Argumente anwenden, um diese Entscheidung zu erreichen, und können uns für sehr klug halten. Wir dürfen jedoch nicht vergessen, daß wir notwendigerweise die Aktien von einem Verkäufer beziehen, der selbst annimmt, daß zu diesem Zeitpunkt der gegebene Preis einen Verkauf jener Aktien rechtfertigt, von denen wir glauben, daß sie den „besten" Kauf darstellen. Ist dieser Verkäufer ebenso intelligent und clever wie wir, so muß uns das zu denken geben.

1.5

Mit diesen beiden Beispielen wollten wir zeigen, daß es zwei Arten von Entscheidungsproblemen gibt und daß der Unterschied zwischen den beiden wichtig und manchmal sogar

wesentlich ist. Ist es möglich, unser Entscheidungsproblem als ein *Spiel gegen die Natur* aufzufassen, so können wir die Wahrscheinlichkeitsverteilung als gegeben betrachten. Natürlich können wir versuchen, mehr Kenntnisse über die Gesetze der Natur zu erlangen, um so die Unsicherheit zu reduzieren und unsere Entscheidung damit leichter zu gestalten. Dies führt jedoch zu einem vollständig neuen Problemkomplex, den wir in diesem Buch nicht weiter besprechen werden.

Wenn wir andererseits eine Entscheidung in einer Situation treffen müssen, die durch engen *gesellschaftlichen Zusammenhang* bestimmt ist, so sind die Wahrscheinlichkeiten nicht notwendigerweise im oben definierten Sinne gegeben. Es ist nämlich möglich, daß die *Daten* unseres Problems durch Entscheidungen anderer, in ähnlicher Situation befindlicher Personen bestimmt werden. Wenn wir annehmen, daß diese Leute intelligent sind und ähnlich denken wie wir, dann wird das Problem noch schwieriger. Doch erhalten wir andererseits daraus auch wichtige Informationen, die wir bei der Lösung unseres eigenen Problems gebrauchen können.

Nehmen wir beispielsweise an, daß unser Bauer beschließt, seine Ernte zu Anfang der Saison mit einem bestimmten Insektenvertilgungsmittel zu besprühen. Er kann dadurch einen höheren Ernteertrag in Tonnen oder Bushels erhalten, ohne Rücksicht darauf, ob andere Bauern in dieser Gegend diese Maßnahme auch ergreifen oder nicht. Ob jedoch auch der Ertrag in Dollar höher sein wird, hängt von den Entscheidungen der übrigen Bauern ab.

1.6

Um dieses Problem zu illustrieren, wollen wir ein Beispiel verwenden, das von *Howard* in seinem Buch über dynamische Programmierung ([I], S. 54—59) besprochen wird. *Howard* nimmt folgende vier Elemente als gegeben an:

(I) $C(t)$ = Kosten, die der Kauf eines Autos mit dem Alter t verursacht;

(II) $T(t)$ = Eintauschwert eines Autos mit dem Alter t;
(III) $E(t)$ = erwartete Betriebskosten eines Autos mit dem Alter t, bis es das Alter $t+1$ erreicht;
(IV) $P(t)$ = Wahrscheinlichkeit, daß ein Auto mit dem Alter t das Alter $t+1$ erreicht.

Howard versucht dann jene „Eintauschpolitik" zu bestimmen, welche die erwarteten Betriebskosten minimiert. Offensichtlich stellt eine „Politik" in diesem Zusammenhang eine Regel dar, die uns angibt, wie wir vorgehen sollen, wenn wir ein Auto mit Alter t besitzen. Wir können entweder das Auto für eine weitere Periode behalten, oder wir können es für ein anderes Auto mit dem Alter $s=s(t)$ eintauschen. Das heißt aber, daß eine Poltik durch eine Funktion $s(t)$ für alle t definiert wird. Mathematisch präziser ausgedrückt, würde man sagen, eine Politik ist eine Projektion der Menge von Lebensaltern auf sich selbst.

1.7

Wenn $V(t,s)$ die erwarteten Gesamtkosten der Haltung eines Autos vom Alter t in einer Periode darstellen und wenn wir die durch die Funktion $s(t)$ definierte Politik akzeptiert haben, so ist leicht zu sehen, daß $V(t,s)$ folgende Differenzengleichung erfüllen muß:

$$V(t,s)=C(s)-T(t)+E(s)+P(s)V(s+1,s).$$

Die ersten beiden Ausdrücke der rechten Seite stellen die Kosten dar, die durch den allfälligen Eintausch eines Autos vom Alter t gegen ein Auto vom Alter s verursacht werden. Der dritte Ausdruck stellt die erwarteten Betriebskosten in der nächsten Periode dar, nach deren Ablauf wir mit der Wahrscheinlichkeit $P(s)$ Eigentümer eines Autos mit dem Alter $s+1$ sein werden, was durch den vierten Term zum Ausdruck gebracht wird.
Wenn gilt $t=s(t)$, d. h. kein Eintausch des Autos bei irgendeinem Wert von t stattfindet, so ergibt sich:

$$V(t,s)=E(t)+P(t)V(t+1,s).$$

Die Lösung dieses Problems stellt eine ziemlich schwierige mathematische Aufgabe dar, und in der Tat scheint es praktisch unmöglich zu sein, es durch einen solchen direkten Ansatz zu lösen. *Howards* Verdienst war es, daß er ein verhältnismäßig einfaches Verfahren entwickelte, das es uns ermöglicht, die optimale Politik in einigen wenigen Schritten zu errechnen. Der Mathematiker wird an seiner Arbeit Gefallen finden, wir wollen aber das Problem etwas anders formulieren.

1.8

In einem numerischen Beispiel nimmt *Howard* an, daß das Alter eines Autos durch eine feste Zahl von Drei-Monats-Perioden beschrieben werden könne und daß $0 \leq t \leq 40$, d. h. $P(40) = 0$. Das bedeutet, daß ein Auto, das 10 Jahre alt ist, innerhalb von 3 Monaten verschrottungsreif würde. Er spezifiziert dann die vier Funktionen in 1.6 so wirklichkeitsnahe, wie es ihm möglich ist, und findet, daß folgende Strategie optimal ist:

(1) Jedes Auto, das älter als 6 Monate und weniger alt als $6^1/_2$ Jahre ist, soll behalten werden.
(2) Jedes Auto irgendeines anderen Alters soll gegen ein 3 Jahre altes Auto eingetauscht werden.

Diese Strategie ist durch folgende Funktion definiert:

$$s(t) = t \text{ für } 2 < t < 26,$$
$$s(t) = 12 \text{ für } 0 \leq t \leq 2 \text{ und } 26 \leq t \leq 40.$$

Wirtschaftlich gesehen ist das Unsinn. Was würde die Automobilindustrie machen, wenn rational handelnde Konsumenten nur 3 Jahre alte Autos kaufen wollten? *Howard* ist sich dessen natürlich bewußt und betont, daß er das Beispiel nur diskutiere, um die Anwendung seines Algorithmus zu demonstrieren.
Wir werden in der Folge ähnliche Probleme diskutieren, im allgemeinen jedoch nicht näher auf die verschiedenen Berech-

nungsverfahren eingehen. In der Regel werden wir die Probleme von zwei Seiten her betrachten:

(I) Wir werden die grundlegenden Annahmen prüfen, die erfüllt sein müssen, um die Anwendung spezieller Techniken zu rechtfertigen.

(II) Um die Probleme ökonomisch sinnvoller zu gestalten, werden wir Umformulierungen vornehmen und diese diskutieren.

1.9

Zur Illustration des ersten Punktes wollen wir festhalten, daß die oben besprochene Lösung in der Realität durchaus sinnvoll ist, falls wir annehmen können, daß es möglich ist, die Autobesitzer in drei Klassen einzuteilen:

(I) Personen, die gern mit neuen Autos fahren, sogar wenn dies mit höheren Kosten, als zum Autofahren an sich unbedingt notwendig, verbunden ist.

(II) „Rational handelnde" Personen, deren einziges Ziel die Minimierung der erwarteten Betriebskosten ist.

(III) Personen, die deshalb mit alten Autos fahren, weil sie nicht über das nötige Kapital bzw. den erforderlichen Kredit verfügen, um auf ein neueres oder wirtschaftlicheres Modell umzusteigen.

Natürlich können wir uns einer Anzahl weiterer vernünftiger Annahmen bedienen, welche das Howard-Modell ökonomisch sinnvoller machen.

1.10

Zur Erläuterung des zweiten Punktes wollen wir sehen, wie wir das Problem umformulieren können, um es zumindest für einen Ökonomen, wenn schon nicht für einen Mathematiker, interessanter zu gestalten. Die Betriebskosten $E(t)$ und die Über-

lebenswahrscheinlichkeit $P(t)$ werden wahrscheinlich von rein technischen Bedingungen determiniert, d. h. also von jenen Parametern, die wir logischerweise als gegeben annehmen können. In der Wirtschaftstheorie ist es nicht immer selbstverständlich, die Preise als gegeben zu betrachten. Eine wirklichkeitsnahe ökonomische Theorie sollte erklären, wie die Preise innerhalb des Systems bestimmt werden.

Auf dem von *Howard* beschriebenen Automobilmarkt wird es einen Kampf um 3 Jahre alte Autos geben. Die glücklichen Besitzer solcher Autos werden voraussichtlich ihre Verkaufspreise erhöhen — schließlich wollen sie nicht ihr gutes altes Auto hergeben, wenn dies zu höheren Betriebskosten führt. Das würde aber bedeuten, daß die 3 Jahre alten Autos ihre besondere Stellung als offensichtlich beste Kaufobjekte verlieren würden.

Nehmen wir nun an, daß die Handelsspanne $C(t) - T(t)$ gegeben ist, zum Beispiel durch die Unkosten des Autohändlers. Dann können wir versuchen, eine Menge von Preisen, d. h. eine Funktion $C(t)$, zu finden, bei der kein Austausch von Autos mehr unsere erwarteten Betriebskosten vermindert. Das ist ein bedeutungsvolles und in der Tat klassisches Problem. Existiert eine solche Menge von Preisen und werden diese Preise als „Marktpreise" akzeptiert, so kann niemand durch Tausch gewinnen, der Markt befindet sich im *Gleichgewicht*. In den folgenden Kapiteln werden wir viele Beispiele dieser Art *statischen Gleichgewichts* diskutieren und die entsprechenden Preise bestimmen.

1.11

Statisches Gleichgewicht ist ein Konzept von beträchtlicher theoretischer Bedeutung, doch ist diese Vorstellung meistens ziemlich weit von jenen ökonomischen Situationen entfernt, die wir in der Realität beobachten können. Sogar in dem einfachen Modell von *Howard* geschieht etwas im Zeitablauf. Die Autos werden älter und einige von ihnen sogar unbrauchbar. Außer-

dem müssen wir annehmen, daß die neuen Automobile irgendwelchen Regeln oder Produktionsplänen zufolge auf den Markt gebracht werden. Um eine derartige Situation zu erfassen, müssen wir ein *dynamisches Modell* konstruieren, welches die Beschreibung von bedeutend mehr Variablen erfordert als ein einfaches statisches Modell.

Wenn wir beispielsweise nähere Angaben über die Altersverteilung der Autos machen, so können wir die erwartete Nachfrage nach neuen Autos als Ersatz für die auszuscheidenden in jeder folgenden Periode festlegen. Fügen wir zusätzlich „Elastizitäten" in das Modell ein, so sind wir in der Lage, die Anzahl neuer Automobile zu bestimmen, die zu einem gegebenen Preis verkauft werden können.

Normalerweise wird der Preis jedoch nicht von irgendeiner höheren Stelle vorgegeben; die Situation erfordert vielmehr eine solche Formulierung des Problems, daß sich eine funktionale Beziehung zwischen dem Preis und der Anzahl von Autos, die zu diesem Preis verkauft werden kann, ergibt. Kennt der Produzent diese Beziehung, so darf man wohl annehmen, daß er sie bei seiner Entscheidung über die von ihm anzubietende Menge benutzen wird, um sein Ziel, etwa die Maximierung des Gewinns, auf kurze oder auf lange Sicht zu erreichen.

Eine weitere realistische Annahme wäre, daß der Preis für Gebrauchtwagen von der Anzahl an neuen Autos, die auf dem Markt angeboten werden, beeinflußt werde. Aus dieser Annahme ergäbe sich jedoch, daß das Entscheidungsproblem des Autokäufers von den Entscheidungen des Produzenten abhängt, d. h. daß der Käufer in Wahrheit nicht weiß, wie er daran ist, falls er nicht die Entscheidungen des Erzeugers kennt, und umgekehrt.

1.12

Das im vorangehenden Kapitel skizzierte Modell zeigt eine für die Ökonomie und auch andere Sozialwissenschaften überaus wichtige Tatsache auf. In der Ökonomie gibt es, außer in

„degenerierten" Beispielen (Robinson Crusoe), immer zwei oder mehrere Transaktionspartner, die, sofern sie frei entscheiden können, davon überzeugt sein müssen, daß sie durch die betreffende Transaktion gewinnen. In der Ökonomie nehmen wir gewöhnlich an, daß jedermann im Sinne der Förderung seiner eigenen Interessen handelt, soweit er sie erkennen kann. Wenn wir verstehen wollen, was in der Wirtschaft vor sich geht, so müssen wir alle Transaktionspartner in unsere Betrachtung miteinbeziehen. Das gilt auch dann, wenn wir nur darauf bedacht sind, unseren eigenen Vorteil zu sehen und zu fördern. Das bedeutet wiederum, daß wir nicht jedes Entscheidungsproblem für sich allein lösen können. Wir sind vielmehr gezwungen, eine simultane Lösung der Entscheidungsprobleme aller Marktteilnehmer zu suchen.
Am besten und klarsten kommen die oben beschriebenen Wechselwirkungen wohl im *Zwei-Personen-Nullsummenspiel* zum Ausdruck, worauf wir im Kapitel 9 noch näher eingehen werden. In einem solchen Modell können wir die Handlungsweise unseres Gegners ermitteln, indem wir annehmen, daß er intelligent ist oder „rational handelt", d. h. sich so verhält, wie wir uns in ähnlicher Situation verhalten würden.

1.13

Wir haben das Wort *Transaktion* gebraucht, das sich in diesem Zusammenhang als ein sehr nützliches Schlüsselwort erweist. In der Technik und in den Naturwissenschaften ist *Prozeß* ein sehr populärer Begriff. Gewöhnlich werden die Gesetze, die einen Prozeß regieren, als gegeben angenommen, so daß das Entscheidungsproblem darin besteht, den Prozeß zu „kontrollieren" bzw. zu steuern, damit er in der von uns gewünschten Art und Weise abläuft oder, konkreter, so abläuft, daß der größtmögliche Gewinn erzielt wird.
Als Beispiel dafür betrachten wir erneut den Aktienmarkt. Wir können die Entwicklung der Aktienkurse selbstverständlich als einen „Prozeß" ansehen und versuchen, durch Kaufen und Ver-

kaufen im Prozeßablauf auf irgendeine Weise Geld zu verdienen. Unter Umständen können wir jedoch auch dadurch gewinnen, indem wir an die Transaktionen, die hinter dem Prozeß stehen, denken. Hat eine Aktie einen Marktpreis, so muß das bedeuten, daß es eine Art von „Gleichgewicht" zwischen jenen, die verkaufen wollen, und jenen, die zu diesem Preis kaufen wollen, gibt.

1.14

Wir haben einen möglichen Zugang zu unserem Gegenstand skizziert, den wir kurz wie folgt zusammenfassen können: Ausgehend von den mehr klassischen Entscheidungsproblemen bei Unsicherheit können wir die Daten oder gegebenen Elemente betrachten und untersuchen, wie diese von anderen Transaktionspartnern bestimmt werden. Wir versuchen also die *exogenen*, d. h. jene von außen vorgegebenen Variablen in *endogene* Variable, das sind Variable, die innerhalb des Systems bestimmt werden, zu verwandeln. Wenn wir das für immer mehr Variable durchführen, so erhalten wir allgemeinere oder *geschlossenere* Modelle. Diese Modelle können als Theorien darüber aufgefaßt werden, wie sich ein System durch die Interaktion der Entscheidungen verschiedener Personen entwickelt. Das heißt, daß wir durch eine Erweiterung und Verallgemeinerung der Entscheidungsproblematik zu einer ökonomischen Theorie gelangen.

Dieser Weg mag Studenten der Betriebswirtschaftslehre natürlich erscheinen. Für Nationalökonomen kann es unter Umständen angebrachter sein, die klassische ökonomische Theorie als Ausgangspunkt zu verwenden. Diese Theorie, in der die Unsicherheit keinen Platz hat, nimmt an, daß alle Personen bei ihren Konsum-, Produktions- und Investitionsentscheidungen über vollständige Information bezüglich der Ergebnisse dieser Entscheidungen verfügen. Unsicherheit wird entweder ignoriert oder ausdrücklich „als nicht vorhanden angenommen". Es ist klar, daß die sich daraus ergebende Theorie nicht sehr reali-

stisch und wahrscheinlich auch nicht sehr nützlich ist. Um eine wirklichkeitsnahe ökonomische Theorie zu erhalten, müssen wir die Unsicherheit einbeziehen, möglicherweise sogar als essentielles Element der Theorie.

1.15

Die moderne ökonomische Theorie und die Entscheidungstheorie stehen beide in dem Ruf, sehr „mathematisch" zu sein. Das mag seine guten Gründe haben, doch können die wichtigsten Ideen, die in diesen Theorien enthalten sind, ohne großes Wissen auf dem Gebiete der höheren Mathematik verstanden und verarbeitet werden. Was erforderlich ist, um diese Theorien zu verstehen und zu gebrauchen, ist, was *Luce* und *Raiffa* ([2], Vorwort) „jene schlecht definierte Eigenschaft: mathematische Kultur" nennen, aber auch ein gewisses Ausmaß an logischer Denkfähigkeit. Das ist eine Voraussetzung für einen guten Mathematiker, doch sind Mathematiker nicht die einzigen, die in der Lage sind, präzise zu denken — obwohl sie dies öfters behaupten mögen.
Der größte Teil an Mathematik, den wir in der Literatur über Entscheidungstheorie finden, bezieht sich auf Berechnungsmethoden, d. h. besteht in Algorithmen zur Lösung spezieller Probleme. Diese Methoden sind natürlich wichtig, besonders wenn wir die Theorie praktisch anwenden wollen, doch handelt es sich dabei um rein technische Aufgaben. Wenn wir das Problem im allgemeinen, sowie seine Hintergründe, richtig verstehen, so können wir fast immer dadurch zu einer Lösung gelangen, daß wir einen Experten zu Rate ziehen oder die entsprechende Literatur studieren.

1.16

In den folgenden Kapiteln werden wir zeigen, daß die wirklich wichtige Aufgabe darin besteht, das Problem so zu formulieren,

daß es mathematisch gelöst werden kann. Um das zu erreichen, müssen wir Bescheid darüber wissen, was Mathematik bedeutet und was zu leisten sie in der Lage ist, es ist jedoch nicht notwendig, alle Details jederzeit im Kopf zu haben.
Die realen Probleme — im Geschäftsleben und in der Industrie — sind in der Regel sehr kompliziert, so daß wir gezwungen sind, sie umzuformulieren oder zu vereinfachen, bevor wir sie lösen können. Die größte Schwierigkeit besteht dabei darin, das Problem auf eine handliche Form zu reduzieren, ohne etwas dem ursprünglichen Problem Wesentliches wegzulassen.
Man hat gesagt, daß viele Methoden des Operations Research „die richtigen Antworten auf falsche Fragestellungen liefern". Die Anwendung der Mathematik im Rahmen dieser Methoden ist in der Regel perfekt, doch ist das Problem in vielen Fällen in einem solchen Ausmaß vereinfacht worden, daß es keine Beziehung mehr zu dem zu lösenden Problem des realen Lebens hat. Die Welt scheint voll von Enthusiasten zu sein, die um jeden Preis und sobald als möglich einen mathematischen Apparat anwenden wollen. Es wäre sehr oft von großem Nutzen, wenn diese Leute ihre Begeisterung dämpften und sich fragten, *was* sie berechnen wollen, anstatt des unvermeidlichen *Wie*.

1.17

Die meisten Ideen, die wir in diesem Buch diskutieren werden, haben ihren Ursprung in der *Spieltheorie*, die von *John von Neumann* und *Oskar Morgenstern* geschaffen wurde. Es mag daher geeignet erscheinen, das Kapitel mit einer ihrer Bemerkungen über den unkritischen Gebrauch der Mathematik in der Ökonomie und in anderen Sozialwissenschaften zu schließen: „Die zugrunde liegende Unsicherheit und Unwissenheit wurde nicht durch den inadäquaten Gebrauch eines machtvollen Instruments, das sehr schwierig zu handhaben ist, beseitigt" ([3], S. 4—5). In diesem Buch werden wir uns auf die zugrunde liegende „Unsicherheit und Unwissenheit" konzentrieren und

versuchen, eine unnötige Anwendung jenes „machtvollen Instruments", das die Mathematik darstellt, zu vermeiden.

Bibliographie

[1] *Howard, R. A.:* Dynamic Programming and Markov Processes, The MIT Press, 1960.
[2] *Luce, R. D.* and *H. Raiffa:* Games and Decisions, Wiley, 1957.
[3] *Neumann, J. von* und *O. Morgenstern:* Spieltheorie und wirtschaftliches Verhalten, Würzburg, 1961.

2 Ökonomische Entscheidungen unter Unsicherheit

2.1

Wenn wir die Ergebnisse unserer Entscheidungen mit Sicherheit voraussagen können, dann wird das uns gestellte Problem in gewisser Hinsicht trivial. Hätten wir beispielsweise zwischen den beiden Alternativen *A* und *B* zu wählen, und brächte uns *A* mit Sicherheit $ 100.—, *B* aber $ 200.—, so würden wir uns ganz offensichtlich für *B* entscheiden, wenn wir annehmen, daß beide Alternativen mit dem gleichen Aufwand verbunden sind. Diese Feststellung erscheint uns trivial, da wir in der Ökonomie selbstverständlich annehmen, daß ein Betrag von $ 200.— einem Betrag von $ 100.— vorgezogen wird.
Der größte Teil jener Entscheidungen, bei denen die Unsicherheit eine gewisse Rolle spielt, ist nicht so einfacher Natur, doch im Prinzip können auch diese Entscheidungen auf die obige Form gebracht werden, wenn auch der damit verbundene Reduktionsprozeß unter Umständen sehr kompliziert sein kann. Wären *A* und *B* beispielsweise zwei verschiedene Produktionsmöglichkeiten, so ist es wohl leicht zu sagen, es soll so produziert werden, daß die Kosten ein Minimum sind, es ist jedoch unter Umständen sehr schwierig, das Produktionsverfahren mit den geringsten Kosten herauszufinden.

2.2

Im weiteren werden wir uns nicht mehr mit diesen Schwierigkeiten befassen, sondern wollen uns vielmehr jenen Problemen zuwenden, die sich aus der Einbeziehung des Ungewißheitsmoments ergeben. Bevor wir dies tun können, müssen wir jedoch jene Schwierigkeiten beseitigen, die für unsere weiteren Betrachtungen irrelevant sind. Dabei nehmen wir einen ganzen

Problemkreis aus unseren Untersuchungen aus, der in der *Betriebswirtschaftslehre* eine bedeutende Rolle gespielt hat, Probleme in der Tat, die den eigentlichen Kern dieses Faches ausmachen.
Wir müssen jedoch die Bedeutung unseres Tuns erkennen und wir müssen auch wissen, daß diese Art von Abstraktion, die eben im Weglassen der erwähnten Schwierigkeiten besteht, notwendig ist, um in die tiefere Problematik einzudringen. Es wäre nicht sehr sinnvoll, sich mit den Entscheidungen unter Ungewißheit zu befassen, wenn wir nicht annehmen könnten, daß wir wüßten, wie Entscheidungen bei voller Sicherheit getroffen werden. Das mag eine unrealistische Annahme sein, doch wir müssen sie zumindest einstweilig akzeptieren, um mit der Lösung der uns wirklich interessierenden Probleme voranzukommen.

2.3

Bevor wir an unsere Aufgabe herangehen, mag es ganz nützlich sein, ein klassisches Problem zu betrachten, auf das wir im weiteren noch öfters zurückkommen werden. In der ökonomischen Theorie nimmt man gewöhnlich an, daß es eine *Produktionsfunktion*

$$y = f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

gibt. Wenn wir die Mengen $x_1, \ldots, x_n$ der n Produktionsfaktoren einsetzen, erhalten wir einen Output von y Einheiten des Endprodukts. Dieses Modell ist eine Abstraktion oder ein Idealbild der Realität.
Der Produzent oder Unternehmer hat nun einen „Inputvektor" oder ein n-Tupel $(x_1, \ldots, x_n)$ festzulegen. Wenn der Preis des Endprodukts p_0 und die Preise der verschiedenen Inputs $p_1, \ldots, p_n$ sind, dann beträgt der Gewinn des Produzenten

$$P = p_0 f(x_1, \ldots, x_n) - \sum_{i=1}^{n} p_i x_i.$$

Für die klassische ökonomische Theorie war die Annahme, daß der Produzent seinen Gewinn maximieren will, selbstverständlich, woraus sich für den Unternehmer das Problem ergab, jenen Inputvektor $(x_1, \ldots, x_n)$ zu bestimmen, durch den P maximiert wird. Diese Aufgabe wird bedeutungslos, wenn wir die Ungewißheit in das Modell hineinnehmen, was am einfachsten dadurch geschieht, indem wir Unsicherheit bezüglich der Preise $p_0, p_1, \ldots, p_n$ annehmen. Noch näher kommen wir jedoch der wirklichen Problematik, wenn wir annehmen, daß die Input-Output-Beziehung stochastischer Natur ist. Jeder Bauer weiß, und die meisten Ingenieure werden ebenfalls zustimmen, daß die Produktionsfunktion eine stochastische Beziehung darstellt.

2.4

Kehren wir nun zu den Ungewißheitsproblemen zurück. Wir sahen im Abschnitt 2.1, daß wir die Alternative B offensichtlich der Alternative A vorziehen, wenn B uns \$ 200.—, A \$ 100.— mit Sicherheit erbringt.
Die Situation ist nicht so klar, wenn A uns \$ 100.— mit Sicherheit bringt und B entweder \$ 500.— oder nichts, je nachdem, ob beim Werfen einer Münze Kopf oder Wappen erscheint.
Klar ist hier nur, daß wir einem ganz neuen Problem gegenüberstehen. \$ 100.— mögen ein schöner Gewinn sein, doch ist das besser, als eine 50:50-Chance auf \$ 500.— zu bekommen? Es gibt keinen unmittelbar einleuchtenden Weg, dies zu entscheiden. Es scheint, als ob wir eine „individuelle Entscheidung" treffen müßten, da das Problem nicht durch Zurückgreifen auf allgemeingültige Regeln oder Prinzipien gelöst werden kann.

2.5

Um das Wesentliche der neuen Problemstellung herauszukehren, wollen wir eine etwas allgemeinere Version des Modells

betrachten. Wir nehmen an, daß wir uns für eine der Alternativen $A_0, A_1, \ldots, A_n$ entscheiden müssen. Entscheiden wir wir uns für A_n, so erhalten wir

entweder \$ S_n mit der Wahrscheinlichkeit P_n
oder nichts mit der Wahrscheinlichkeit $1-P_n$.

Wir wollen annehmen, daß die beiden Funktionen S_n und P_n durch die Tabelle 1 wiedergegeben werden.

Tabelle 1

	P_n	S_n
A_0	1	0
A_1	0,9	2
A_{10}	0,5	10
A_{20}	0,33	19
A_{30}	0,25	27
A_{40}	0,20	35
A_{90}	0,10	72
A_{190}	0,05	140
A_{990}	0,01	625
A_{9990}	0,001	5.000
A_{99990}	0,0001	40.000
A_{999990}	0,00001	250.000
⋮	⋮	⋮

Die Tabelle basiert auf den Formeln

$$P_n = \frac{10}{10+n} \qquad \text{und} \qquad S_n = 10\left(\frac{n}{10}\right)^{0,9},$$

so daß wir interpolieren und extrapolieren können, wenn wir glauben, daß das die Entscheidung erleichtert.

2.6

Das einzige, was aus dieser Tabelle klar hervorgeht, ist, daß wir uns keinesfalls für A_0 entscheiden sollten, da wir durch diese Entscheidung mit Sicherheit nichts erhalten. Alle anderen

Entscheidungen geben uns die Chance, etwas zu gewinnen. Die Frage ist nun, wie weit wir in der Tabelle hinuntergehen sollten.

Mit A_1 haben wir eine reelle Chance, \$ 2.— zu erhalten, was viel besser ist, als mit Sicherheit nichts zu bekommen. A_{10} gibt uns eine 50:50-Chance \$ 10.— zu gewinnen, ein Betrag, der dazu ausreicht, ein gutes Essen zu bezahlen oder ein Lehrbuch zu kaufen, das uns sagen kann, wie man solche Entscheidungsprobleme behandelt. A_{999990} bietet uns die, wenn auch sehr kleine, Chance, wirklich reich zu werden.

2.7

Es ist unwahrscheinlich, daß wir in der Realität einem Entscheidungsproblem dieser Art gegenüberstehen werden. Trotzdem ist es der Mühe wert, ernsthaft eine Lösung dieses Problems zu suchen und herauszufinden, wie wir in einer solchen Situation wirklich entscheiden sollten. Wenn wir solch einfache Probleme nicht behandeln können, ist es widersinnig zu behaupten, daß wir in weit komplizierteren Situationen sinnvolle Entscheidungen treffen können. Wir wollen daher die Tabelle betrachten und uns die Frage stellen: Welches Entscheidungskriterium sollen wir benutzen? Wie sollen wir entscheiden?
Die klassische Regel besagt, daß wir versuchen sollten, den *erwarteten Gewinn* oder die „mathematische Erwartung" zu maximieren. In unserem Fall würde das bedeuten, daß wir jene Alternative A_n wählen sollten, für die das Produkt $P_n S_n$ den größten Wert annimmt.
Der Erwartungswert E_n ist folgendermaßen definiert:

$$E_n = P_n S_n = \frac{100}{10+n}\left(\frac{n}{10}\right)^{0,9} = \frac{10^{1,1} n^{0,9}}{10+n}.$$

Wenn wir E_n als stetige Funktion von n betrachten und nach n differenzieren, so erhalten wir

$$\frac{\mathrm{d}E_n}{\mathrm{d}n} = \frac{10^{1,1}}{n^{0,1}(10+n)^2}\{9-0,1n\}.$$

Daraus ist leicht zu ersehen, daß E_n bei $n = 90$ sein Maximum erreicht. Das bedeutet, daß wir A_{90} wählen sollten, also jene Alternative, die uns eine 1:10-Chance gibt, \$ 72.— zu gewinnen. Aus Tabelle 1 ist jedoch keineswegs klar zu erkennen, warum gerade dies die beste Alternative sein soll; die klassische Regel der Maximierung des Erwartungswertes scheint daher völlig willkürlich zu sein. Wenn die Entscheidung nur ein einziges Mal getroffen werden soll, so können wir gute Gründe angeben, die für die Wahl einer anderen Alternative sprechen.

2.8

Die wirkliche Rechtfertigung für die Verwendung des Erwartungswertes als „Entscheidungskriterium" liegt natürlich im *Gesetz der großen Zahlen.* Wenn wir beispielsweise 10.000 mal, also 30 Jahre lang jeden Tag, vor der beschriebenen Wahl stünden, so ist es „praktisch sicher", daß die konsequente Entscheidung für A_{90} uns einen Durchschnittsgewinn von $P_{90}S_{90} =$ 7,2 und damit den größten Gesamtgewinn bringen würde. Das gilt auch unter allgemeineren Voraussetzungen. Wenn wir eine große Anzahl von Entscheidungen treffen müssen, dann handeln wir „auf lange Sicht" am besten, wenn wir immer jene Alternative wählen, die uns den größten erwarteten Gewinn erbringt.

Wann immer wir uns jedoch auf das Gesetz der großen Zahlen berufen können, sind wir berechtigt, den Ausdruck „praktisch sicher" zu gebrauchen. Das bedeutet aber, daß die Ungewißheit irgendwie verschwunden ist und daß wir wiederum jenem relativ einfachen Problem der Entscheidung unter Sicherheit gegenüberstehen, das wir in 2.1 besprochen haben. Hier wollen wir Entscheidungssituationen betrachten, in denen es nicht möglich ist, die Ungewißheit auf diese Art und Weise zu „beseitigen", ohne wichtige Aspekte des ursprünglichen Problems außer acht zu lassen. Das heißt, daß wir unsere Aufmerksamkeit solchen Situationen zuwenden werden, in denen das Gesetz der großen Zahlen keine Anwendung finden kann, wo also eine

reine „*long-run*"-Betrachtung des Ergebnisses unserer Entscheidungen nicht ausreichend ist. Es ist höchst wahrscheinlich, daß gerade solche Situationen in der Praxis von großer Bedeutung sind. Nicht umsonst hat ein bekannter Nationalökonom einmal treffend bemerkt: „Auf lange Sicht sind wir alle tot."

2.9

Die Idee, daß intelligent (oder rational) handelnde Personen ihre Entscheidungen so treffen sollten, daß die mathematische Gewinnerwartung maximiert wird, geht auf die Anfänge der Wahrscheinlichkeitstheorie zurück. Das ist auch ganz natürlich, wenn man bedenkt, daß es der ursprüngliche Zweck dieser Theorie war, zu bestimmen, wie ein Spieler sich verhalten soll, um *auf lange Sicht* am besten abzuschneiden. Wenn wir die ganze Nacht beim Würfelspiel verbringen, dann mag das Gesetz der großen Zahlen von großem Nutzen sein.
Daniel Bernoulli führte bereits 1732 aus, daß die Maximierung des erwarteten Gewinns keine goldene Regel mit allgemeiner Gültigkeit darstellt. Sein berühmtes Gegenbeispiel ist das sogenannte *St. Petersburger Paradox* [1], welches durch folgendes Spiel demonstriert wird:
Eine Münze wird so lange geworfen, bis Kopf erscheint. Wenn beim n-ten Wurf zum erstenmal Kopf erscheint, so erhält der Spieler einen Preis von 2^n Dollar (Dukaten) und das Spiel ist beendet. Die Wahrscheinlichkeit, daß beim n-ten Wurf zum erstenmal Kopf erscheint, ist offensichtlich $(1/2)^n$. Daher ist der Erwartungswert

$$\sum_{n=1}^{\infty} 2^n \left(\frac{1}{2}\right)^n = \infty,$$

da es theoretisch denkbar ist, daß das Spiel unendlich lange dauert. Ein „Spiel", das uns eine Million mit Sicherheit bringt, hat einen Erwartungswert von nur einer Million. Das würde aber bedeuten, daß bei Befolgen der Regel der Erwartungswertmaximierung die Möglichkeit, das St. Petersburger Spiel zu

machen, einem Betrag von einer Million Dollar vorgezogen würde. Das ist natürlich Unsinn, da wir aus der Erfahrung wissen, daß niemand derartige Entscheidungen trifft.

2.10

Kehren wir zur Tabelle 1 zurück. Wir können die Alternativen in dieser Tabelle als Lose in verschiedenen Lotterien interpretieren und haben dann jene Lotterie auszuwählen, in der wir ein Los nehmen wollen. Da es in unserem Beispiel nur einen einzigen Preis in jeder Lotterie gibt, ist es wünschenswert, eine allgemeinere Situation zu betrachten.
Wir nehmen nun folgendes Modell an. Jede Alternative A_n entspricht einer Lotterie, wobei die Preise

$$S_n^0, S_n^1, S_n^2, \ldots \qquad \text{sind.}$$

Diese Preise können mit folgenden Wahrscheinlichkeiten gewonnen werden:

$$P_n^0, P_n^1, P_n^2, \ldots, \qquad \text{wobei}$$

$$\sum_i P_n^i = 1, \qquad \text{für alle } n.$$

Im folgenden werden wir die Bezeichnungen x_i für S_n^i und $f_n(x_i)$ für P_n^i verwenden.
Wir können dann $f_n(x)$ als diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung betrachten; d. h. $f_n(x_i)$ ist die Wahrscheinlichkeit, einen Preis x_i in der Lotterie n zu gewinnen.
Unsere Problemstellung lautet nun: Wir haben eine Menge von Lotterien. Jedes Element A_n dieser Menge wird durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung $f_n(x)$ repräsentiert. Wir sollen dann das „beste" Element dieser Menge auswählen, d. h. jene Lotterie, in der wir ein Los erwerben wollen.
Im Beispiel in Abschnitt 2.5 gibt es in jeder Lotterie nur zwei Preise, so daß die Wahrscheinlichkeitsverteilungen, welche die Lotterien repräsentieren, nur in zwei Fällen von Null verschiedene Werte annehmen:

$$f_n(S_n) = P_n,$$
$$f_n(0) = 1 - P_n.$$

2.11

Wir können nun folgende Feststellungen machen:

1. Die Entscheidung ist nicht trivial. Wenn wir die Wahl zwischen einem Zehn-Dollar-Schein und einem Zwanzig-Dollar-Schein haben, so nehmen wir klarerweise den Zwanzig-Dollar-Schein. Hier, in diesem allgemeineren Fall, ist es nicht klar, welches Los wir nehmen sollen.
2. Jedes Entscheidungsproblem bei Unsicherheit kann im Prinzip auf diese Form gebracht werden, d. h. aus einer Menge von verfügbaren Wahrscheinlichkeitsverteilungen soll die beste ausgewählt werden. Die dazu notwendige Transformation kann aber sehr schwierig sein, vielfach wird sie in der Praxis unausführbar sein. Möglicherweise ist die genaue Wahrscheinlichkeitsverteilung nicht bekannt, wovon wir jedoch vorläufig absehen wollen.

Wir wollen das Beispiel eines Geschäftsmannes betrachten, der in einer komplizierten Situation bei Vorherrschen verschiedener

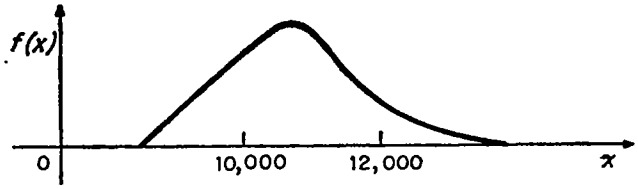

Abbildung 1

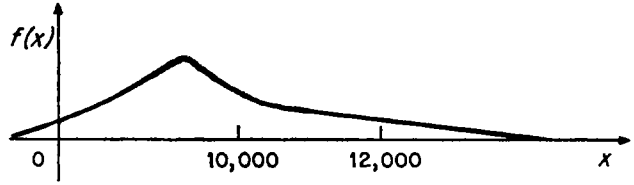

Abbildung 2

Unsicherheitsfaktoren zwischen den beiden Alternativen *A* und *B* zu wählen hat. Ein mit der Untersuchung beauftragter Betriebsberater könnte das Problem wahrscheinlich auf die von uns angegebene Form bringen. Das Ergebnis könnte wie folgt lauten:
Alternative *A* gibt uns die Chance, mit je 50% Wahrscheinlichkeit entweder $ 10.000.— oder $ 12.000.—, Alternative *B* mit je 50% Wahrscheinlichkeit entweder $ 40.000.— oder $ 2000.— zu gewinnen. Realistischer wären vielleicht die in den Abbildungen 1 und 2 dargestellten Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Gewinnchancen für die beiden Alternativen.

2.12

Es ist wichtig festzustellen, daß in vielen Fällen ein seriöser Berater *nicht mehr tun kann, als das Ergebnis in dieser Form zu präsentieren* und hinzuzufügen, daß der Unternehmer selbst entscheiden muß, welches Risiko er eingehen will. Die letztliche Entscheidung liegt beim Unternehmer und nicht beim Berater.
Der Geschäftsmann will von einem kostspieligen Berater normalerweise etwas mehr wissen. Er möchte nämlich eine klare Empfehlung bekommen, für welche der beiden Alternativen er sich entscheiden sollte. Gibt der Berater eine unzweideutige Empfehlung, dann muß er aber entweder wissen, welche Risikoeinstellung sein Auftraggeber hat, oder er muß seine Empfehlung durch irgendein allgemeines Prinzip begründen, welches moralischer oder ethischer Natur sein kann. So kann er zum Beispiel Alternative *A* deshalb empfehlen, weil er das Spielen ablehnt, sogar wenn die Gewinnmöglichkeiten gut sind, oder weil er glaubt, daß sein Klient die mit Alternative *B* verbundenen Risiken nicht eingehen „sollte". Soll der Berater erklären, warum er Alternative *A* empfohlen hat, so wird er wahrscheinlich zurückstecken und angeben, daß seiner Erfahrung nach Leute mit „gesundem Urteilsvermögen" in solchen Situationen *A* der Alternative *B* vorziehen. Das bedeutet, daß die normative

Empfehlung auf eine Feststellung über das Verhalten einer Gruppe von Personen reduziert wird. Es bleibt jedoch unserem Unternehmer überlassen, zu entscheiden, ob er dem Beispiel dieser Leute folgen will oder nicht.
Im Geschäftsleben herrscht in diesem Punkt manche Verwirrung, was sich oft auch in der Fachliteratur niederschlägt. Der Grund dafür ist wahrscheinlich, daß Geschäftsleute ein Erfolgsrezept einer reinen Beschreibung des betreffenden Problems vorziehen.

2.13

Gute Beispiele für die besprochenen Probleme lassen sich auf dem Versicherungssektor finden. Als ein realistisches Beispiel betrachten wir ein großes Schiff — einen Ozeanriesen, der auf 10 Millionen Dollar gegen eine jährliche Prämie von 300.000 Dollar versichert wird. Wenn alles gut geht, bringt dieser Kontrakt der Versicherungsgesellschaft einen Reingewinn von 300.000 Dollar pro Jahr, und das will sogar für eine große Gesellschaft etwas heißen. Gerät andererseits das Schiff in Verlust, so muß die Versicherungsgesellschaft 10 Millionen Dollar zahlen, was sie in ernste Schwierigkeiten bringen kann, die oft jahrelang nicht überwunden werden können.
In der Regel wird eine Versicherungsgesellschaft einen solchen Vertrag nicht zur Gänze auf eigene Rechnung eingehen. Gewöhnlich wird ein bestimmter Teil der Kontraktsumme auf dem Wege der *Rückversicherung* an eine andere Gesellschaft weitergegeben. Wenn unsere Gesellschaft nur 10% *für sich behält*, d. h. 90% der Vertragssumme rückversichert, so verändert sich die Risikosituation insofern, als einem möglichen Verlust von 1 Million Dollar ein jährlicher Gewinn von 30.000 Dollar gegenübersteht (vorausgesetzt, daß die Rückversicherung zu den „ursprünglichen Bedingungen" durchgeführt wird). Es muß nun entschieden werden, wieviel rückversichert werden soll; wir haben hier eine ähnliche Situation wie in dem Beispiel in Tabelle 1.

2.14

Der Präsident oder der Vorstand unserer Versicherungsgesellschaft kann nun seinen Statistiker zur Lösung des Problems heranziehen. Der Statistiker müßte aber eigentlich antworten, daß das Problem auf seine einfachste Form gebracht wurde und daß der Vorstand nun selbst entscheiden muß, sobald er sich ein Bild von den einzugehenden Risiken gemacht hat. Normalerweise werden derartige von hochbezahlten Statistikern gegebene Antworten von den Direktionen nicht akzeptiert. Diese erwarten von einem guten Statistiker vielmehr, daß er seine Antwort erst nach komplizierten Berechnungen gibt, d. h. nachdem er alle relevanten Statistiken über Schiffbrüche durchgearbeitet und mit den Ingenieuren über die technischen Eigenschaften des betreffenden Schiffes gesprochen hat.
Was kann aber als Ergebnis solcher Berechnungen herauskommen? Doch kaum mehr als die Feststellung, daß die beste Schätzung der Verlustwahrscheinlichkeit 0,011 ist und daß das Konfidenzintervall dieser Schätzung von 0,015 bis 0,009 reicht auf einem Signifikanzniveau von 1% bzw. von 0,012 bis 0,010 auf einem Signifikanzniveau von 5%. Kein Berechnungsaufwand kann uns mehr Information geben.
Wir sollten uns nun fragen, ob diese Information wirklich brauchbar ist, mit anderen Worten, ob es uns wirklich weiterhilft, wenn diese einfachen Ergebnisse in einen 50 Seiten umfassenden technischen Bericht eingekleidet werden? In einer Hinsicht ist die Lage vollkommen klar: Was die Direktion wirklich wissen will, ist, *ob das Schiff untergehen wird oder nicht.* Das kann ihr jedoch höchstens ein Astrologe mitteilen.

2.15

Es wird erzählt, daß ein Professor einmal eine solche Antwort erteilte, als er von einer Versicherungsgesellschaft konsultiert wurde. Die Gesellschaft dachte einige Wochen darüber nach und lud ihn dann ein, dem Vorstand beizutreten. Das Amüsante an

dieser Geschichte ist, daß die Herren dieser Gesellschaft glaubten, daß damit das geschehen sei, was der Professor eigentlich erreichen wollte, und daß er nur deshalb eine „ausweichende" Antwort gab, um einen Sitz im Vorstand zu bekommen. Sie waren überzeugt, daß es für ihr Problem eine einzige korrekte Lösung gäbe, die einem Professor vermutlich bekannt sein müßte.

Wir können aus dieser Geschichte — sogar wenn sie nicht wahr sein sollte — eine ganze Menge über wirtschaftliche Entscheidungen lernen. Sie illustriert das Denken von Managern und ihren ständigen Verdacht auf irgendwelche Hintergedanken, Dinge, die im Geschäftsleben sehr nützlich, wenn nicht essentiell sind, um Erfolg zu haben. Die Geschichte liefert uns jedoch auch ein Beispiel für das eher naive Wunschdenken, das wir oft in Geschäftskreisen, ebenso wie in der kaufmännischen Literatur, finden.

Ein Geschäftsmann muß vielleicht oft schwierige Entscheidungen in komplizierten Situationen treffen. In solchen Fällen kann er Techniker oder „Experten" heranziehen, die die Situation aufhellen, jedoch im allgemeinen dem Geschäftsmann nicht mitteilen können, daß eine bestimmte Entscheidung die einzig richtige sei. Die letzte Entscheidung darüber, welches Risiko eingegangen werden soll, muß im Verantwortungsbereich des Unternehmers selbst verbleiben. Geschäftsleute scheinen sich oft nicht leicht mit dieser Tatsache abzufinden. Ein Psychologe könnte dies vielleicht als Suche nach einer Vaterfigur in der Person des Experten deuten.

2.16

Kehren wir nun wieder zu dem Versicherungsbeispiel in 2.13 zurück. In diesem Beispiel nahmen wir die Prämie von 300.000 Dollar als gegeben an. Das heißt aber, daß wir jenes Entscheidungsproblem, das in der Praxis als wichtigstes angesehen wird, nämlich die *Festsetzung* der Prämie für einen vorgeschlagenen Versicherungsbetrag, nicht behandelten.

Durch statistische Untersuchungen kann man das Problem