

Aus dem Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Zur Frage der Anwendungsbedingungen der Erwartungsmaximierung bei Entscheidungen über Spiele gegen die Natur

Wilfried Hommers

Von Aussagen von V_{pn} ausgehend wird eine Erklärung für die Nichtanwendung der Erwartungsmaximierung in Entscheidungen zwischen Spielen gegen die Natur gegeben, die in einer Untersuchung empirisch bestätigt wurde. Danach hängt die Verwendung der Erwartungsmaximierung von situationalen Bedingungen ab, die den V_{pn} eine Anwendung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs für eine Menge gleichartiger Zufallsexperimente nahelegen. Der Befund der Untersuchung kann auch durch die Portfolio-Theorie erklärt werden. Zur Beseitigung dieses Dilemmas wird auf die Introspektion zurückgegriffen.

1. Problemstellung

In Entscheidungssituationen, deren Alternativen aus Spielen gegen die Natur bestehen, weichen V_{pn} in ihrem Wahlverhalten häufig von der objektiven Erwartungsmaximierungs-Strategie (EW-MAX-Strategie) ab. Sie wählen häufig von den Alternativen $A_1 \dots A_n$ mit den Wahrscheinlichkeitsvektoren $P_1 \dots P_n$ und den Wertvektoren $V_1 \dots V_n$ nicht die Alternative mit dem maximalen Inneren Produkt (= Erwartungswert EW) des zugehörigen Wahrscheinlichkeits- und Wertvektors, sondern eine andere.

Ein Teil der an diesem Befund ansetzenden Forschungsarbeit widmete sich den für die Wahl der EW-MAX-Alternative förderlichen Alternativeneneigenschaften. Dies sind z. B.

— die Höhe des EW-MAX relativ zu den anderen Erwartungswerten (Mosteller & Nogee, 1951; Royden et al., 1959; Miller & Lanzetta, 1962; Hommers, 1975)

- die Einfachheit des Aufbaus der Alternativen (Herrmann & Bahrick, 1966; Tversky, 1967)
- das Fehlen einer realen Verlustmöglichkeit (Tversky, 1967)
- die Negativität der Erwartungswerte der konkurrierenden Alternativen (Rachlin & Frankel, 1969).

Eine weiterführende Fragestellung verfolgten Lichtenstein et al. (1969). Sie unterwiesen die Vpn (Studenten) im Konzept des EW-MAX. Dabei gingen sie von der Überlegung aus, daß erst bei sicherer kognitiver Verfügung eine deterministische Anwendung des EW-MAX-Prinzips erwartet werden darf. Sie fanden, daß auch die Unterweisung im EW-MAX die Studenten nicht zu EW-MAX-Wahlen veranlaßte. In den zusätzlich durchgeführten Interviews zeigte sich, daß dies nicht auf eine mangelhaft durchgeführte Unterweisung zurückzuführen war, sondern daß die Vpn trotz ihrer Kenntnisse andere Alternativen bevorzugten. Zur Erklärung dieser Mißachtung des EW-MAX-Prinzips wird man einerseits auf den Einfluß anderer Faktoren bei diesen Entscheidungen hinweisen können. Es liegt zu diesem Erklärungsansatz eine große Zahl an Arbeiten vor (Edwards, 1961; Becker & McClintock, 1967; Rapoport & Wallsten, 1972), auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll. Anschließend an das von Lichtenstein et al. berichtete Argument von Vpn „one chance only“ gegen die EW-MAX-Strategie läßt sich andererseits auch die Frage stellen, ob eine bestimmte Voraussetzung bei den Vpn ausreichend realisiert war: Die Übertragung des Wahrscheinlichkeitsbegriffes für wiederholte gleichartige Ereignisse auf den Fall eines einzelnen Ereignisses. Zur Bedeutung dieser Voraussetzung soll die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten.

Nach Carnap (1945) lassen sich im Sprachgebrauch zwei Wahrscheinlichkeitsbegriffe vorfinden. „Wahrscheinlichkeit₁“ wird bei Einzelereignissen verwendet und gibt den Sicherheitsgrad an. „Wahrscheinlichkeit₂“ wird dagegen im Zusammenhang mit einer Menge gleichartiger Ereignisse verwendet und gibt die relative Häufigkeit eines bestimmten Ereignisses an.

Bei Entscheidungen über Alternativen aus Spielen gegen die Natur werden die Wahrscheinlichkeitswerte für die verschiedenen Konsequenzen der Vp bekannt gegeben. Weiterhin wird in der Instruktion die Zugzahl, d. h. die Häufigkeit der Ingangsetzung des Zufallprozesses, spezifiziert. In der Regel wird eine Entscheidung für einmaliges Ziehen verlangt. Vorausgesetzt eine Vp benutzt die EW-MAX-Strategie und überträgt die objektiv gegebenen Wahrscheinlichkeitswerte auf den Fall einmaliges Ziehen, dann läßt sich für solche Entscheidungen erwarten, daß die Alternative mit dem maximalen EW gewählt wird. Von Vpn, die zwar die EW-MAX-Strategie verwenden, für die die Situation ein-

maliges Ziehen aber mit dem Begriff „Wahrscheinlichkeit₁“ zu verbinden ist, werden die objektiven Wahrscheinlichkeitswerte zu Sicherheitsgraden uminterpretiert. Dabei kann eine nichtlineare Zahlentransformation vorgenommen werden, so daß die sich ergebenden „subjektiven“ EW anders geordnet sind als die objektiven. Auf jeden Fall ergeben sich häufiger Wahlen von Alternativen mit niedrigerem EW. Für diese Vpn müßte sich weiterhin aber bei mehrmaligem Ziehen die Verwendung des Begriffs „Wahrscheinlichkeit₂“ ergeben, so daß ihre Entscheidungen unter dieser Zugbedingung eher auf die EW-MAX-Alternative fallen müßten. Durch Variation der Zugzahl in der Instruktion für die Entscheidungen läßt sich diese Vermutung prüfen. Es ergibt sich die gerichtete Hypothese:

Gilt die Entscheidung für wiederholtes Ziehen, wird häufiger das EW-MAX gewählt als bei Entscheidungen für einmaliges Ziehen.

2. Darstellung der Untersuchung

80 Vpn (Psychologie- u. Lehrerstuden­ten) wurden unter drei verschiedenen Bedingungen (Tabelle 1) vor jeweils 15 gleichaufgebaute Entscheidungssituationen gestellt (Tabelle 2). Die Entscheidungssituationen hatten jeweils drei Alternativen mit den Konsequenzen „Gewinn eines Geldbetrages“ oder „Ausbleiben des Gewinns“. Nach Tversky (1967) wird damit die Wahl der EW-MAX-Alternative erschwert. Die Vpn wurden gebeten, sich so zu entscheiden, wie sie sich entscheiden würden, wenn sie wirklich in einer solchen Situation ständen. Zur Hälfte erfolgten zuerst die 15 Entscheidungen unter Bedingung B und dann in zufälliger — aber bei allen Vpn konstanter — Reihe die Entscheidungen unter

Tabelle 1

Schema der Versuchsbedingungen

	Entscheidungsbedingung		
	A	B	C
Höhe des Gewinnwertes der Alternative i	V_i	V_i	$10V_i$
Anzahl von Zügen bei Wahl der Alternative i	1	10	1
Höhe des Erwartungswertes der Alternative i	$P_i V_i$	$10P_i V_i$	$10P_i V_i$

A und C (Abfolge: B (AC)). Bei den anderen Vpn war die Abfolge von AC und B umgekehrt (Abfolge: (AC) B).

Bei der Prüfung der zu untersuchenden Hypothese ist der Vergleich der Bedingungen B und C entscheidend. Da der Abstand der EW der Alternativen einer Situation, wie eingangs erwähnt, die Wahl der EW-MAX-Alternative beeinflusst, muß die Höhe der EW der Alternativen in B und C gleich sein, was nur durch Erhöhung des Wertes unter Bedingung C erreicht werden kann. Die Bedingung A wurde aus hier irrelevanten Gründen hinzugefügt.

Tabelle 2

Die 15 Entscheidungssituationen der Bedingung A
 P_i : Gewinnwahrscheinlichkeit der Alternative i
 V_i : Gewinnwert der Alternative i in DM

Situation	P_1	V_1	P_2	V_2	P_3	V_3
1	.4	45	.6	30	.8	23
2	.1	180	.3	60	.5	36
3	.5	36	.7	26	.9	20
4	.5	36	.6	25	.7	17
5	.1	180	.3	70	.5	48
6	.1	180	.2	105	.3	80
7	.4	45	.6	35	.8	30
8	.5	36	.6	35	.7	34
9	.5	36	.7	21	.9	13
10	.4	45	.5	30	.6	20
11	.4	45	.6	25	.8	15
12	.1	180	.2	74	.3	39
13	.4	45	.5	42	.6	40
14	.1	180	.3	50	.5	24
15	.5	36	.7	30	.9	27

3. Auswertung

Tabelle 3 gibt an, wie häufig die Anzahl der EW-MAX-Alternativen-Wahlen bei Bedingung B größer, gleich oder kleiner als bei Bedingung C war. Bei Anwendung des Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben ergab sich bei einseitiger Fragestellung mit $z = 2.2$ und $N = 50$ ein signifikanter Wert der Prüfstatistik auf dem 2%^o-Niveau. Der Median der Zunahme der EW-MAX-Wahlen betrug 2 Wahlen bei durchschnittlich 9 Wahlen unter C (Quartilabstand $Q_3 - Q_1 = 1$). Den Hauptanteil an der Häufigkeit der Kategorie B = C bildeten Vpn mit konstanter Wahl der sichersten und riskantesten Alternative ($N = 10$).

Tabelle 3

Ergebnisse des Vergleichs der Wahlhäufigkeiten des EW-MAX bei Bedingung B und C

Bedingungsabfolge	Anzahl von Wahlen der EW-MAX-Alternative			
	B > C	B = C	B < C	N
(A C) B	20	12	9	41
B (A C)	14	18	7	39

4. Diskussion

Als Ergebnis der Untersuchung kann formuliert werden:

Bei höherer Zugzahl und konstantem Erwartungswert wird das Erwartungsmaximum im Durchschnitt häufiger gewählt als bei einmaligem Ziehen. Hiermit erscheint die Erklärung bestätigt, die Abweichung vom EW-MAX-Prinzip im Entscheidungsverhalten auf die Existenz zweier Wahrscheinlichkeitskonzepte zurückzuführen, von denen dasjenige, das zur Benutzung der explizit gegebenen Wahrscheinlichkeiten führt, nur dann von einem Teil der Vpn angewendet wird, wenn die situationalen Bedingungen — hier durch die Zugzahl variiert — dafür besonderen Anlaß geben. Damit wird die Abweichung von der EW-MAX-Strategie auf einen kognitiven Faktor zurückgeführt.

Es bleibt zu prüfen, ob diese Erklärung die einzig mögliche ist. Von Coombs und Mitarbeitern ist mit der Portfolio-Theorie eine deskriptive Theorie für das Entscheidungsverhalten bei Risiko entwickelt worden (siehe z. B. Coombs & Huang, 1970). Es erhebt sich die Frage, ob auch mit der Portfolio-Theorie der dargelegte Befund zu erklären ist.

Die Theorie besagt, daß die Entscheidungen vom Erwartungswert und dem Abstand des erlebten Risikos zu einem Idealen Risiko abhängen. Als Operationalisierung des erlebten Risikos läßt sich die Varianz einer Alternative verwenden (Pollatsek & Tversky, 1970). Die Varianz der hier verwendeten Alternativen ist zu berechnen nach der Gleichung

$$\text{Var}(i) = \frac{P_i(1-P_i)}{n} V_i^2,$$

wobei n die Zugzahl, P_i die Gewinnwahrscheinlichkeit und V_i der Gewinnwert der Alternative i ist.

Unter den Bedingungen C und B ergibt sich mit

$$\text{Var}(i/C) = P_i(1-P_i) 100 V_i^2 \text{ und}$$

$$\text{Var}(i/B) = \frac{1}{10} P_i(1-P_i) V_i^2$$

eine konstante Beziehung zwischen den Varianzen vergleichbarer Alternativen mit dem Faktor 1000. Unter der Bedingung B sind demnach die Unterschiede der Varianzen absolut kleiner als unter der Bedingung C und damit auch die Risikounterschiede.

Die Portfolio-Theorie besagt, daß bei Gleichheit der Abstände des Risikos der zur Auswahl stehenden Alternativen zum idealen Risiko die Alternative mit maximalem EW gewählt wird. Nimmt man an, daß dies auch als probabilistische Aussage (je kleiner die Abstandsunterschiede, um so eher EW-MAX-Wahlen) gilt, ist der Befund: Erhöhung der Wahlhäufigkeit der EW-MAX-Alternative bei höherer Zugzahl auch mit der Portfolio-Theorie erklärbar. Es stehen sich damit zwei konkurrierende Erklärungen gegenüber. Vorläufig geben wir der Erklärung mit der bedingten Verwendung von Wahrscheinlichkeitskonzepten den Vorrang, weil für sie die Introspektion von V_{pn}^* spricht (Lichtenstein et al., 1969). Für eine Absicherung wären Untersuchungen notwendig, in denen V_{pn} , z. B. durch „Lautes Denken“ oder durch Wahlbegründungen, mehr Aufschluß über ihre individuellen Wahlstrategien geben können.

Offensichtlich kann die Wirkung anderer Faktoren bei der Entscheidungsfindung nicht durch Erhöhung der Zugzahl ausgeschaltet werden. Der Anstieg der EW-MAX-Wahlen führte nur zu 11 von 15 EW-MAX-Wahlen. Diesem Befund können u. E. beide angegebenen Erklärungsan-

*) In Diskussionen des Verfassers mit Psychologie-Studenten über die Erwartungsmaximierung brachten die Studenten das Argument vor, die Benutzung der EW-MAX-Strategie sei nur bei einer großen Zahl von Zügen angebracht. Es wurde dabei auch auf das Gesetz der großen Zahl hingewiesen.

sätze nicht gerecht werden. Die Hinwendung zur Introspektion erscheint angesichts dieser Lage für die Hypothesengewinnung über die individuellen Informationsverarbeitungsprozesse in allen möglichen Entscheidungssituationen aussichtsreich. Als Endergebnis ist ein algorithmisches Informationsverarbeitungsmodell denkbar, durch das die Theorien über menschliches Entscheidungsverhalten mit den Theorien über menschliches Problemlösen verbunden werden könnten.

Summary

An experimental study of the choice behaviour reported in the present paper, showed that the subjects do not choose the obviously most suitable alternative in a gambling situation. The choice of the obviously most suitable alternative depends upon the application of the concept of probability by the subjects upon a number of similar chance experiments. Besides, the experimental results reported above, can also be explained on the basis of the portfolio theory. This discrepancy can, perhaps be resolved by considering introspection.

Résumé

L'auteur observe que ses sujets n'appliquent pas, dans des jeux de hasard la stratégie qui conduirait à une maximisation des gains. D'après les explications des sujets, l'application d'une stratégie de maximisation dépendrait de la situation, à savoir d'une constellation de faits, qui font penser que l'expérience obéit aux lois du hasard et se répétera plusieurs fois et de manière analogue.

On pourrait cependant tout aussi bien expliquer les mêmes comportements par la »théorie du portefeuille«. Se fondant sur les explications introspectives de ses sujets, l'auteur donne provisoirement sa préférence à la première de ces deux explications.

Literatur

- Carnap, R.: The two concepts of probability. *Phil. Phenom. Res.* 5, 513—532; 1945.
- Coombs, C. H. & Huang, L. C.: Tests of a portfolio theory of risk reference. *J. exp. Psych.* 85, 23—29; 1970.
- Hermann, L. M. & Bahrick, H. P.: Information encoding and decision time as variables in human choice behavior. *J. exp. Psych.* 71, 718—724; 1966.

- H o m m e r s, W.: Zur Gültigkeit des objektiven Erwartungsmaximierungsmodells beim Entscheidungsverhalten von Schulkindern. *Z. Psych.* 183, 69—81; 1975.
- L i c h t e n s t e i n, S., S l o v i c, P. & Z i n k, D.: Effect of instruction in expected value on optimality of gambling decisions. *J. exp. Psych.* 79, 236—240; 1969.
- M i l l e r, L. & L a n z e t t a, J. T.: Choice among 4 alternative gambles. *Psyc. Rep.* 11, 869—894; 1962.
- M o s t e l l e r, F. & N o g e e, P.: An experimental measurement of utility. *J. Pol. Econ.* 59, 371—404; 1951.
- P o l l a t s e k, A. & T v e r s k y, A.: A theory of risk. *J. Math. Psych.* 7, 540—553; 1970.
- R a c h l i n, H. C. & F r a n k e l, M.: Choice, rate of response, and rate of gambling. *J. exp. Psych.* 80, 444—449; 1969.
- R o y d e n, H. L., S u p p e s, P. & W a l s h, K. A.: A model for the experimental measurement of the utility of gambling. *Behavioral Science* 4, 11—18; 1959.
- T v e r s k y, A.: Utility theory and additivity analysis of risky choices. *J. exp. Psych.* 75, 27—36; 1967.

Anschrift des Verfassers:

Dr. phil. Wilfried Hommers
Institut für Psychologie
Neue Universität
Olshausenstraße 40
23 Kiel