

# Entscheiden unter Risiko: Von Bernoulli zu kognitiven Heuristiken

*Eduard Brandstätter, Ralph Hertwig und Manuela Gießack*

## 1. Bernoulli's Paradox

Basel, 9. September, 1713. In einem Brief, der an diesem Tag datiert ist, beschreibt Nicholas Bernoulli seinem Freund Pierre de Montmort ein einfaches Glücksspiel. Pierre und Paul werfen eine faire Münze. Sollte diese beim ersten Wurf auf „Kopf“ fallen, ist Pierre bereit, Paul zwei Münzen zu bezahlen. Sollte das Ereignis „Kopf“ erst beim zweiten Wurf eintreten, erhält Paul vier Münzen. Wenn gar erst der dritte Wurf zu „Kopf“ führt, dann erhält er acht Münzen. Und so weiter. Wie viel Geld sollte Paul Pierre fairerweise als Eintrittsticket in das Spiel bezahlen? Dieses einfache Glücksspiel war deshalb so brisant, weil es einen Konflikt zwischen dem gesunden Menschenverstand und der damals vorherrschenden Theorie vernünftigen Denkens offenbarte. Nicholas Bernoulli war sich mit allen nachfolgenden Kommentatoren dieses Glücksspiels einig, dass kein vernünftiger Mensch mehr als ein paar Münzen für das Angebot, an dem Spiel teilzunehmen, bezahlen würde – schließlich betrüge die Chance, mehr als vier Münzen zu gewinnen, weniger als magere 25%. Aus der Warte der Erwartungswerttheorie ist dieser vorsichtige Wetteinsatz allerdings unbegründet. Zwar ist die Wahrscheinlichkeit, eine sehr lange Folge von „Zahl“ zu werfen, klein, aber durchaus nicht null. Träte eine solche Folge auf, wäre der Gewinn enorm. Ein Beispiel: Dreißig mal in Folge „Zahl“ zu werfen, entspräche einem Gewinn von etwas über eine Milliarde Münzen (der Gewinn beträgt  $2^n$ , wobei  $n$  der Anzahl der Würfe entspricht). Indem die Erwartungswerttheorie die möglichen Gewinne mit der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens multipliziert und diese Produkte aufsummiert, schafft sie einen Ausgleich zwischen den immer kleiner werdenden Wahrscheinlichkeiten langer und längerer Folgen und den immer größer werdenden Gewinnen. So analysiert ist der Erwartungswert des Münzspiels unendlich – ein Sachverhalt, den der gesunde Menschenverstand völlig zu verkennen scheint.

Es wurden in der Folge verschiedene Wege vorgeschlagen, den Konflikt zwischen dem gesunden Menschenverstand und der Erwartungswerttheorie beizulegen (siehe Gigerenzer et al. 1989; Jorland 1987). Eine mögliche Auflösung des Konflikts sollte unser Denken über menschliche Rationalität bis heute

prägen. Sie stammt von Daniel Bernoulli, Nicholas' Vetter und wurde 1738 (1954) in den Annalen der Petersburger Akademie abgedruckt (daher stammt auch der Name des Spiels, das St. Petersburg Spiel oder Paradox). Im Unterschied zur Erwartungswerttheorie nahm Daniel Bernoulli an, dass der subjektiv empfundene Nutzen von Geld nicht einfach linear mit dem Betrag des Geldes anwächst. Das bedeutet zum Beispiel, dass obgleich der subjektive Nutzen von zwei Millionen Euro größer ist als jener von einer Million Euro, der Nutzen stärker wächst, wenn das Vermögen von 0 auf 1 Million Euro als von 1 Million auf zwei Millionen Euro zunimmt. Dieses Phänomen bezeichnen wir heute als „abnehmenden Grenznutzen“. Zur Modellierung des subjektiven Nutzens hat Bernoulli (1738,1954) eine logarithmische Nutzenfunktion vorgeschlagen. Angewandt auf das St. Petersburg Spiel bedeutet dies, dass man die immer kleiner werdenden Wahrscheinlichkeiten langer und längerer Folgen mit den logarithmierten Gewinnbeträgen multipliziert und diese Produkte aufsummiert. Die Endsumme konvergiert gegen einen relativ kleinen Nutzenbetrag. Dieser wiederum entspricht der Intuition des gesunden Menschenverstands, nach der niemand mehr als ein paar Münzen für dieses Spiel investieren sollte.

Die langfristige Wirkung dieser Lösung des St. Petersburg Paradoxes kann man kaum überschätzen. Mit dem Konzept des subjektiven Nutzens von Geld hat Daniel Bernoulli die Grundlage für die Erwartungsnutzentheorie gelegt. Nachdem John von Neumann und Oskar Morgenstern (1944) eine Axiomatisierung der Theorie vorlegten, und Savage (1954) die Theorie auf subjektive Wahrscheinlichkeiten generalisierte, avancierte sie schnell zur dominierenden Theorie rationalen Verhaltens in den Sozialwissenschaften (insbesondere der Ökonomie). Daniel Bernoullis Lösung des Paradoxes entwickelte aber auch noch in anderer Hinsicht eine normative Kraft, die bis heute anhält. Mit dem Postulat eines subjektiven Nutzens von Geld übertrug er psychologisches Denken in die bis dahin objektive Funktion des Geldwerts. Im Gegenzug gelang es ihm, die Kernannahmen der Erwartungswerttheorie, Multiplikation, Summierung und Maximierung zu bewahren. Diese Strategie der Rettung wurde paradigmatisch. Insbesondere im 20. Jahrhundert wurde eine Vielzahl von deskriptiven Entscheidungstheorien vorgeschlagen, die die Prämisse der Multiplikation bewahrten, indem sie die objektiven Wahrscheinlichkeits- und Wertefunktionen unter Annahme diverser psychologischer Variablen modifizierten. Diese Variablen können zum Beispiel Emotionen (wie zum Beispiel Enttäuschung oder Bedauern; Bell 1982, 1985; Loomes/Sugden 1986; Mellers 2000) oder, wie im Falle der Prospekttheorie (Kahneman/Tversky 1979), Referenzpunkte und subjektive Entscheidungsgewichte sein, die kleine Wahrscheinlichkeiten überge-

wichten und mittlere und große Wahrscheinlichkeiten untergewichten. Die Forschungstradition zum Thema „Entscheiden unter Risiko“ in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kann man so als steten Versuch betrachten, in Anbetracht immer neuer Verletzungen der Erwartungswerttheorie (d.h. immer neuer Paradoxa), das 1. Gebot „Multipliziere und Maximiere“ durch beständiges Nachjustieren der objektiven Wahrscheinlichkeits- und Wertefunktion zu bewahren. Reinhardt Selten (2001) hat diese Tradition und die daraus entstandenen Theorien als Reparaturprogramm bezeichnet.

Die Prämisse, wonach man Abwägungen zwischen antagonistischen Dimensionen – in Lotterien gehen zum Beispiel große Gewinnsummen mit kleinen Wahrscheinlichkeiten und kleine Gewinne mit großen Wahrscheinlichkeiten einher – durch Gewichtung (Multiplikation) und Summierung treffen sollte – und auch trifft, findet sich nicht nur in der Entscheidungsforschung, sondern in vielen Theorien menschlichen Verhaltens. Beispiele dafür sind Benjamin Franklins „Moralische Algebra“, die Theorien moralischen Urteilens wie Konsequentialismus oder Utilitarismus (Gigerenzer 2004), Theorien des Risikoverhaltens (Wigfield/Eccles 1992), motivationale Theorien (Atkinson 1957), Theorien des Arbeitsverhaltens (Vroom 1964), Theorien des sozialen Lernens (Rotter 1954), Theorien der Einstellungsbildung (Fishbein/Ajzen 1975) und Theorien des Gesundheitsverhaltens (Becker 1974). Die Prozesse des Gewichtens und Summirens sind in vielen Bereichen zu unverzichtbaren psychologischen Bausteinen der Theorien menschlichen Verhaltens geworden. Sie stehen für die Überzeugung, dass antagonistische Dimensionen und Zielkonflikte (zum Beispiel zwischen Qualität und günstigem Preis) einen Prozess des Ausgleichs („Trade-offs“) hervorrufen.

In diesem Beitrag beschreiben wir eine alternative Sichtweise, wie Menschen mit antagonistischen Dimensionen und Zielkonflikten umgehen. Unser Fokus wird auf Glücksspielen liegen, die seit den Anfängen der Wahrscheinlichkeitstheorie im 17. Jahrhundert ein häufiger Gegenstand der Entscheidungsforschung sind. Die Argumente lassen sich jedoch auch auf zahlreiche andere Bereiche anwenden, in denen Modelle mit eingebauten Trade-offs vorherrschen. Ausgangspunkt für unsere alternative Sichtweise bildet der folgende robuste empirische Befund: Eine Vielzahl von Studien legt die Schlussfolgerung nahe, dass Personen oft keine Trade-offs anstreben, sondern ihre Entscheidungen mit Hilfe nicht-kompensatorischer Heuristiken treffen (siehe Ford et al. 1989). Nicht-kompensatorisch bedeutet, dass ein kleiner Wert auf einer Dimension (Geld oder Wahrscheinlichkeit) nicht durch einen hohen Wert auf einer anderen Dimension kompensiert werden kann. Beispiele für Strategien, die keine Trade-

offs unterstellen, sind lexikographische Modelle, konjunktive Regeln, disjunktive Regeln oder die Elimination-by-aspect-Heuristik (Tversky 1972).

Nicht-kompensatorische Heuristiken evaluieren die Optionen (zum Beispiel zwei Lotterien) nicht getrennt voneinander (wie es alle Theorien tun, die Multiplikation und Maximierung unterstellen), sondern beurteilen eine Option in Relation zu einer anderen. Darüber hinaus unterstellen diese Heuristiken in Übereinstimmung mit vielen empirischen Befunden (zum Beispiel Payne et al. 1993), dass die Informationssuche (intern im Gedächtnis oder extern zum Beispiel im Internet) nicht exhaustiv, sondern beschränkt ist. Die Suche wird etwa dann beendet, wenn ein bestimmtes Aspirationsniveau (zum Beispiel Simon 1983) erreicht ist. Dies kann im Extremfall bereits nach einer Attributsdimension (zum Beispiel die minimalen Gewinne) der Fall sein, was jegliche Trade-offs unmöglich machen würde. In diesem Artikel zeigen wir, dass einfache Heuristiken, die gegen das 1. Gebot „Multipliziere und Maximiere“ verstoßen, nicht nur komputationell einfacher sind als die Theorien des Reparaturprogramms (Selten 2001), sondern Entscheidungen von Menschen auch besser vorhersagen. Wir konzentrieren uns auf jene Modelle, die beschreiben wie Personen entscheiden (deskriptive Entscheidungsmodelle), und nicht wie Personen entscheiden sollen, um optimal Ergebnisse zu erzielen (normative Entscheidungsmodelle). Um herauszufinden, welches von mehreren deskriptiven Entscheidungsmodellen menschliche Entscheidungen am besten beschreibt, testen wir, wie gut jedes Modell menschliche Entscheidungen *vorhersagen* kann. Dies erscheint uns ein „härteres“ Kriterium zu sein als das bloße retrospektive Anpassen von Modellparametern an die Daten („post-hoc data-fitting“; siehe Diskussion dieses methodologischen Aspektes in Brandstätter et al. 2006, 2008). Wir beginnen mit der *Prioritätsheuristik* (Brandstätter et al. 2006). Diese modelliert Entscheidungssituationen, in denen die Informationen über die Lotterien (Geldbeträge und deren Wahrscheinlichkeiten) den Personen vollständig zur Verfügung gestellt werden. Anschließend wenden wir uns Situationen zu, in denen Personen diese Informationen aktiv suchen müssen.

## 2. Die Prioritätsheuristik

Um Entscheidungen treffen zu können, setzen wir häufig Prioritäten: Beruf vor Familie, Qualität vor Preis oder Sicherheit vor Risiko. Die Prioritätsheuristik unterstellt solche Prioritäten auch für die Wahl zwischen zwei Lotterien, *A* und *B*, die jeweils aus zwei Ausgängen bestehen. Die Heuristik nimmt an, dass die

meisten von uns den schlechtesten Ausgang (das „worst-case“-Szenario) verhindern möchten. Nur wenn die schlechtesten Ausgänge der beiden Lotterien sehr ähnlich sind, und nur wenn auch die Wahrscheinlichkeiten dafür, dass die schlechtesten Ausgänge eintreten gleichfalls sehr ähnlich sind, gehen Personen ein Risiko ein und wählen das Spiel mit dem besseren der beiden maximalen Ausgänge (das „best-case“-Szenario). In einem Prozessmodell kann man die psychologische Intuition der Prioritätsheuristik wie folgt zusammenfassen (Brandstätter et al. 2006):

*Prioritätsregel:* Betrachte die Entscheidungsgründe in der folgenden Ordnung: Vergleiche zuerst die minimalen Gewinne, dann deren Wahrscheinlichkeiten und zuletzt die maximalen Gewinne.

*Stoppregel:* Verzichte auf weitere Vergleiche, wenn sich die minimalen Gewinne um 1/10 (oder mehr) vom maximalen Gewinn des Entscheidungsproblems unterscheiden. Ist das nicht der Fall, verzichte auf weitere Vergleiche, wenn sich die Wahrscheinlichkeiten um 1/10 (oder mehr) unterscheiden.

*Entscheidungsregel:* Wähle das Spiel mit dem größeren (minimalen oder maximalen) Gewinn beziehungsweise mit der geringeren Wahrscheinlichkeit des minimalen Gewinns.

Die Stoppregel basiert auf einem 10%-Aspirationsniveau (Simon 1983). Personen nehmen die minimalen Gewinne von 12 und 17 Euro, zum Beispiel, als verschieden wahr, wenn es im ganzen Entscheidungsproblem maximal 20 Euro zu gewinnen gibt; die Differenz der minimalen Gewinne (5) übersteigt das Aspirationsniveau von 2 (10% von 20 Euro). Personen nehmen die minimalen Gewinne 12 und 17 Euro jedoch als im Wesentlichen gleich wahr, wenn es maximal 100 Euro zu gewinnen gibt; die Differenz der minimalen Gewinne (5) liegt unter dem Aspirationsniveau von 10 (10% von 100 Euro). Für die minimalen Gewinne ist das Aspirationsniveau somit dynamisch und nicht statisch. Wahrscheinlichkeiten hingegen verfügen über ein statisches Aspirationsniveau von 10 Prozentpunkten (das heißt  $p = 0.1$ ). Die Prioritätsheuristik lässt sich einfach auf Lotterien mit negativen Ausgängen und auf Lotterien mit mehr als zwei Ausgängen verallgemeinern (Brandstätter et al. 2006). Bei mehr als zwei Ausgängen erweitert sich die Prioritätsregel um einen Entscheidungsgrund, nämlich den der Wahrscheinlichkeiten der maximalen Gewinne.

Die beiden folgenden Entscheidungsprobleme verdeutlichen die Prioritätsheuristik an einer klassischen Verletzung der Erwartungsnutzentheorie, einer Variante des Allais-Paradox (Allais 1953, 1979; Brandstätter et al. 2006; Kahneman/Tversky 1979).

A	100%-Chance	2,400 zu gewinnen
B	33%-Chance	2,500 zu gewinnen
	66%-Chance	2,400 zu gewinnen
	1%-Chance	0 zu gewinnen
C	34%-Chance	2,400 zu gewinnen
	66%-Chance	0 zu gewinnen
D	33%-Chance	2,500 zu gewinnen
	67%-Chance	0 zu gewinnen

Wie sollte ein rationaler Entscheider entscheiden, wenn er einmal zwischen A und B und einmal zwischen C und D zu wählen hat? Um diese Frage zu beantworten, gehen wir einen Umweg. Stellen Sie sich vor, Sie treffen beim Gebrauchtwagenhändler eine Entscheidung zwischen zwei Gebrauchtwagen, von denen keiner ein Autoradio hat. Der Gebrauchtwagenhändler sagt ihnen, dass Sie zu jedem Wagen dasselbe Autoradio gratis dazu bekämen. Sollte das Radio Ihre Entscheidung beeinflussen? Offensichtlich nicht. Als rationaler Entscheider würden Sie stets den gleichen Wagen wählen. Die gleiche Logik gilt, wenn beide Wagen schon ein Autoradio besäßen, und der Händler Ihnen mitteilte, dass das Radio extra zu bezahlen wäre (also nicht hinzukäme, sondern weggenommen würde). Als rationaler Entscheider ließen Sie sich nicht beeinflussen.

Was folgt daraus für die oben angeführten Entscheidungsprobleme? Ein rationaler Entscheider sollte konsistent wählen, das heißt entweder die Lotterien A und C oder B und D, nicht aber A und D oder B und C. Dies ist leicht zu sehen: Zieht man von Lotterie A eine „66%-Chance 2,400 zu gewinnen“ ab, erhält man Lotterie C; zieht man von Lotterie B gleichfalls eine „66%-Chance 2,400 zu gewinnen“ ab, erhält man Lotterie D. Das bedeutet, dass die Lotterien C und D mit Ausnahme der geringeren Gewinnchance äquivalent mit den Lotterien A und B sind. Wie im Beispiel des Autoradios sollte ein rationaler Entscheider konsistent entscheiden: Zieht er A der Lotterie B vor, sollte er auch C wählen und zieht er B der Lotterie A vor, sollte er auch D wählen. Die Mehrheit der Versuchspersonen wählte jedoch die Lotterien A (82%,  $n = 72$ ) und D (83%,  $n = 72$ ) und verhielt sich somit inkonsistent (Kahneman/Tversky 1979).

Kann die Prioritätsheuristik dieses paradoxe Verhalten vorhersagen? Betrachten wir zunächst die erste Entscheidung, jene zwischen A und B. Die Prioritätsheuristik vergleicht im ersten Schritt die minimalen Gewinne. Diese sind

2,400 und 0. Der maximale Gewinn in diesem Entscheidungsproblem beträgt 2,500. Zehn Prozent von 2,500 sind 250; 200 entspricht somit dem Aspirationsniveau (die Heuristik nimmt an, dass das Aspirationsniveau zur nächsten prominenten Zahl gerundet wird, Albers 2001). Die Differenz der minimalen Gewinne (2,400) übersteigt das Aspirationsniveau von 200. Der sichere Gewinn von 2,400 ist somit „gut genug“, es erfolgt kein weiterer Vergleich. Die Prioritätsheuristik sagt vorher, dass die Mehrheit der Personen das Spiel mit dem attraktiveren minimalen Gewinn wählt, also A. Diese Vorhersage entspricht tatsächlich der empirischen Mehrheitsentscheidung (Kahneman & Tversky, 1979, S. 265f).

In der Entscheidung zwischen C und D sind die minimalen Gewinne (0 und 0) identisch. Die Differenz der Wahrscheinlichkeiten der minimalen Gewinne (1 Prozentpunkt) fällt unter das Aspirationsniveau von 10 Prozentpunkten, daher werden die Wahrscheinlichkeiten als zu ähnlich wahrgenommen, um eine Entscheidung treffen zu können. Somit sagt die Prioritätsheuristik die Wahl der Alternative mit dem höheren maximalen Gewinn vorher, also D. Diese Vorhersage entspricht der empirischen Mehrheitsentscheidung.

Die Prospekttheorie erklärt die Art und Weise, wie Menschen, Entscheidungen unter Risiko treffen, unter anderem mit der Annahme, dass geringe Wahrscheinlichkeiten ein größeres psychologisches Gewicht haben als ihnen objektiv zusteht, d.h. sie werden übergewichtet. Damit kann zum Beispiel der Kauf von Lotterielosen erklärt werden. Dazu folgendes Problem (Kahneman/Tversky 1979):

A	100%-Chance	5 zu gewinnen
B	0,1%-Chance	5.000 zu gewinnen
	99,99%-Chance	0 zu gewinnen

Entweder kauft man sich ein Lotterielos (Alternative B), bei dem man mit einer geringen Wahrscheinlichkeit sehr viel gewinnen kann, oder man behält den sicheren Preis von €5 des Loses. Die Mehrheit der Versuchspersonen (72%) wählte die Alternative B, was mit der Übergewichtung geringer Wahrscheinlichkeiten konsistent ist.

Nach der Prioritätsheuristik betragen die minimalen Gewinne 5 und 0; die Differenz liegt unter dem Aspirationsniveau von 500 (10% von 5.000). Somit vergleichen Personen im nächsten Schritt die Chancen der minimalen Gewinne (100% und 99.9%). Da diese Differenz unter dem Aspirationsniveau von 10% liegt, wählen die Personen im dritten Schritt die Alternative mit dem höheren

maximalen Gewinn (5.000 und 5), das heisst Glückspiel B. Die Prioritätsheuristik erklärt somit den Kauf von Lotterielosen durch simple Vergleiche und eine lineare Funktion für Wahrscheinlichkeiten. Neben dem Allais Paradox und dem Kauf von Lotterielosen kann die Prioritätsheuristik eine Reihe weiterer Verletzungen der Erwartungsnutzentheorie prognostizieren (Brandstätter et al. 2006).

### 3. Kann die Prioritätsheuristik Entscheidungen vorhersagen?

Das obige Paradoxon verdeutlicht die Vorhersagekraft der Prioritätsheuristik an zwei ausgewählten Entscheidungsproblemen. Kann die Prioritätsheuristik auch andere Entscheidungsprobleme prognostizieren? Um die Prioritätsheuristik zu testen, prüften Brandstätter, Gigerenzer und Hertwig (2006) die Heuristik an insgesamt 260 Entscheidungsproblemen aus vier Datensätzen (Erev et al. 2002; Kahneman/Tversky 1979; Lopes/Oden 1999; Tversky/Kahneman 1992). Als Vergleichsmodelle dienten drei prominente Theorien der Entscheidungsforschung: die kumulative Prospekttheorie (Tversky/Kahneman 1992), die Security-potential/aspiration-Theorie (Lopes/Oden 1999) und das Transfer-of-attention-exchange-Modell (Birnbaum/Navarrete 1998), sowie zehn klassische Entscheidungsheuristiken (Payne et al. 1993; Thorngate 1980). Tabelle 1 erläutert die zehn Heuristiken anhand der Entscheidung zwischen dem Spiel €4.000 mit einer Wahrscheinlichkeit  $p = 0.80$ , €0 mit einer Wahrscheinlichkeit  $p = 0.20$  und dem sicheren Gewinn von €3.000.

*Tabelle 1:* Heuristiken für Entscheidungen unter Risiko

Outcome-Heuristiken		
Name	Maxime	Vorhersage
Equiprobable	Berechne das arithmetische Mittel aller Geldbeträge innerhalb einer Lotterie. Wähle jene Lotterie mit dem höchsten durchschnittlichen Geldbetrag.	Equiprobable wählt B, da B einen höheren durchschnittlichen Geldbetrag aufweist (3000) als A (2000).
Equal-weight	Berechne die Summe aller Geldbeträge innerhalb einer Lotterie. Wähle jene Lotterie mit der höchsten Geldsumme.	Equal-weight wählt A, da A eine höhere Geldsumme (4000) hat als B (3000).
Minimax	Wähle die Lotterie mit dem höchsten minimalen Geldbetrag.	Minimax wählt B, da A einen niedrigeren minimalen Geldbetrag (0) hat als B (3000).



*Tabelle 1 (Fortsetzung):* Heuristiken für Entscheidungen unter Risiko

Name	Maxime	Vorhersage
Maxi-max	Wähle die Lotterie mit dem höchsten Geldbetrag.	Maximax wählt A, da 4000 der höchste Geldbetrag ist.
Better-than-average	Berechne den Durchschnitt aller Geldbeträge über alle Lotterien. Zähle für jede Lotterie, wie viele Geldbeträge gleich dem Durchschnitt bzw. höher als der Durchschnitt sind. Dann wähle die Lotterie mit der höchsten Anzahl solcher Geldbeträge.	Der Durchschnitt beträgt $7000/3 = 2333$ . Da sowohl A als auch B einen Geldbetrag über diesem Schwellenwert aufweisen, muss Better-than-average raten.
<b>Duale Heuristiken</b>		
Tallying	Mach einen Punkt für die Lotterie mit dem (a) höheren minimalen Gewinnbetrag, (b) dem höheren maximalen Gewinnbetrag, (c) der niedrigeren Wahrscheinlichkeit des minimalen Gewinnbetrags, und (d) der höheren Wahrscheinlichkeit des maximalen Gewinnbetrags. Für Verlustprobleme, ersetze „Gewinn“ durch „Verlust“ (und umgekehrt). Wähle jene Lotterie mit der höheren Punkteanzahl.	Tallying muss raten, denn sowohl B (ein Punkt für den höheren minimalen Geldbetrag, ein Punkt für die höhere Wahrscheinlichkeit des maximalen Geldbetrags) als auch A (ein Punkt für die niedrigere Wahrscheinlichkeit des minimalen Geldbetrags, ein Punkt für den höheren maximalen Geldbetrag) erhalten jeweils zwei Punkte.
Most-likely	Bestimme den wahrscheinlichsten Ausgang jeder Lotterie und ihrer diesbezüglichen Geldbeträge. Dann wähle jene Lotterie mit dem höchsten wahrscheinlichsten Ausgang.	Most-likely bestimmt 4000 als wahrscheinlichsten Ausgang für A und 3000 als wahrscheinlichsten Ausgang für B. Most-likely wählt A, da der Geldbetrag von 4000 den Geldbetrag von 3000 übertrifft.
Lexicographic	Dann wähle jene Lotterie mit dem höchsten wahrscheinlichsten Ausgang. Falls beide Geldbeträge identisch sind, bestimme den zweitwahrscheinlichsten Ausgang jeder Lotterie, und wähle jene Lotterie mit dem höchsten zweitwahrscheinlichsten Ausgang.	Lexicographic bestimmt 4000 als wahrscheinlichsten Ausgang für A und 3000 als wahrscheinlichsten Ausgang für B. Lexicographic wählt A, da der Geldbetrag von 4000 den Geldbetrag von 3000 übertrifft.

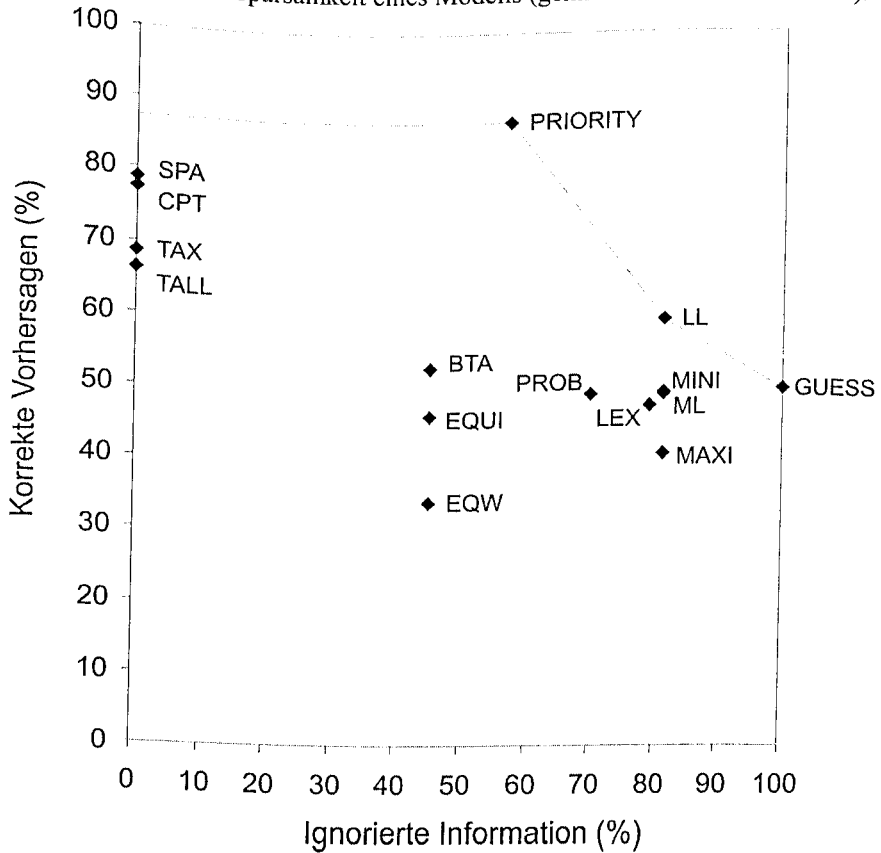
*Tabelle 1 (Fortsetzung):* Heuristiken für Entscheidungen unter Risiko

Name	Maxime	Vorhersage
Least-likely	Bestimme den schlechtesten Ausgang jeder Lotterie. Dann wähle jene Lotterie mit der niedrigsten Wahrscheinlichkeit für den schlechtesten Ausgang.	Least-likely bestimmt 0 als den schlechtesten Ausgang für A und 3000 als den schlechtesten Ausgang für B. Least-likely wählt A, da 0 mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit eintritt ( $p = .20$ ) als 3000 ( $p = 1.00$ ).
Probable	Kategorisiere die Chancen als „wahrscheinlich“ (wenn $p \geq .50$ für eine Lotterie mit zwei Ausgängen; $p \geq .33$ für eine Lotterie mit drei Ausgängen) bzw. als „unwahrscheinlich“. Streiche unwahrscheinliche Geldbeträge. Dann berechne das arithmetische Mittel für alle wahrscheinlichen Geldbeträge jeder Lotterie. Wähle schließlich jene Lotterie mit dem höchsten durchschnittlichen Geldbetrag.	Probable wählt A, da der wahrscheinliche Geldbetrag von A (4000) höher ist im Vergleich zu B (3000).

*Anmerkungen.* Die Heuristiken stammen aus Thorngate (1980) und Payne et al. (1993). Die Vorhersage für jede Heuristik basiert auf der Entscheidung zwischen A (4000, .80) und B (3000).

Abbildung 1 zeigt wie gut die Modelle die Majoritätsentscheidung (d.h. das von der Mehrheit der Versuchspersonen gewählte Spiel) prognostizieren können. Die Prioritätsheuristik sagt 87% aller 260 Majoritätsentscheidungen richtig vorher. Damit übertrifft die Heuristik die Neo-Bernoullischen Modelle wie die kumulative Prospekttheorie (77%), die Security-potential/aspiration-Theorie (79%) und das Transfer-of-attention-exchange-Modell (69%). Die klassischen Heuristiken prognostizierten kaum besser als der Zufall (50%), auch wenn sie nur sehr wenige Informationen benötigen. Abbildung 1 zeigt auch, dass die Neo-Bernoullischen Modelle (plus Tallying) sämtliche Informationen über Wahrscheinlichkeiten und Geldbeträge (100%) gebrauchen. Im Vergleich dazu nützt die Prioritätsheuristik nur knapp 50% der Informationen zur Vorhersage einer Entscheidung.

Abbildung 1: Trade-off zwischen der Anzahl richtiger Vorhersagen (in Prozent) und der kognitiven Sparsamkeit eines Modells (gemittelt über vier Datensätze).



Der Prozentwert richtiger Vorhersagen bezieht sich auf Mehrheitsentscheidungen. PH: Prioritätsheuristik, KPT: Kumulative Prospekttheorie, SPA: Security-potential/aspiration-Theorie, TAX: Transfer of attention exchange-Modell, TAL: Tallying, LEX: Lexikographische Heuristik, EQW: Equal-weight-Heuristik, LL: Least likely-Heuristik, ML: Most likely-Heuristik, BTA: Better than average-Heuristik, EQP: Equiprobable-Heuristik, PROB: Probable-Heuristik, RATE: Zufälliges Raten, MIN: Minimax-Heuristik, MAX: Maximax-Heuristik (siehe Brandstätter et al. 2006, S. 417).

Die Prioritätsheuristik sagt nicht nur Entscheidungen vorher. Anders als die Neo-Bernoullischen Modelle, die häufig „as-if“-Charakter haben, erhebt sie den Anspruch psychologische Prozesse zu modellieren. „As-if“ Modelle modellieren bereits getroffene Entscheidungen, ohne Aussagen über die zugrunde liegenden kognitiven Prozesse zu treffen. Prozessmodelle hingegen, wie etwa die Prioritätsheuristik, erheben den Anspruch sowohl Entscheidungen über zu prognostizieren als auch die kognitiven Prozesse zu modellieren. Prozessmodelle gehen damit über „as-if“ Modelle (wie die Prospekt-Theorie) hinaus. Gegenwärtig gibt es drei publizierte Studien, die Prozessvorhersagen der Heuristik überprüften. Eine Vorhersage ist, dass die Entscheidung länger dauert, wenn die Heuristik nicht nur den ersten Entscheidungsgrund (die minimalen Gewinne) sondern alle drei Gründe „untersuchen“ muss. Brandstätter et al. (2006) fanden diese Reaktionszeitvorhersage bestätigt. Johnson, Schulte-Mecklenbeck und Willemsen (2008) haben mit Hilfe der so genannten Mouselab-Methode Prozessvorsagen der Heuristik untersucht. Diese Methode präsentiert den Versuchspersonen zwei Glücksspiele auf einem Computerbildschirm. Es sind jedoch zunächst alle Informationen (d.h. Geldbeträge und Wahrscheinlichkeiten) in Informationsboxen verdeckt. Durch einen Mausklick können die Versuchspersonen eine Information nach der anderen aufdecken. Öffnet eine Versuchsperson eine neue Informationsbox, schließt sich automatisch die zuvor geöffnete Box. Ein Programm registriert das Suchverhalten der Versuchspersonen und das Suchverhalten kann dann dazu verwendet werden, die Prozessvorhersagen verschiedener Modelle zu testen. Johnson et al. (2008) sowie Brandstätter et al. (2008) haben solche Prozessuntersuchungen mit der Mouselab-Methode durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen und ihre Interpretationen haben bislang zu keinem eindeutigen Bild geführt. Während Johnson et al. (2008) insbesondere die Resultate betonten, die der Prioritätsheuristik zu widersprechen scheinen, zeigen Brandstätter et al. (2008), dass man auf der Grundlage von quantitativen anstatt qualitativer Prozessvorhersagen, und auf der Grundlage von Prozesstests, in denen nicht nur ein Modell gegen die Nullhypothese, sondern verschiedene Modelle gegeneinander getestet werden, zu Ergebnissen gelangt, die deutlich positiver für die Heuristik ausfallen als die Ergebnisse von Johnson et al. (2008; für eine ausführliche Diskussion der jeweiligen Prozesstests siehe die jeweiligen Artikel).

Informationen über Risiken können uns auf mindestens zwei verschiedene Arten zur Verfügung stehen. Zum einen können sie bequem aufbereitet sein. Ein Beispiel dafür sind Beipackzettel, welche die Wahrscheinlichkeiten diverser Nebenwirkungen eines Medikaments explizit auflisten. Ärzte und Patienten

können Entscheidungen auf der Grundlage von Beschreibungen der Alternativen – ihrer Konsequenzen und assoziierten Wahrscheinlichkeiten – treffen. Die Prioritätsheuristik modelliert solche Entscheidungen, die auf der Grundlage expliziter Beschreibungen getroffen werden. Zum anderen gibt es aber unzählige Situationen, in denen wir nicht auf aufbereitete Beschreibungen von Risiken zurückgreifen können – etwa wenn wir eine steile Skipiste hinunterfahren oder heute auf eine Sicherungskopie der Computerfestplatte verzichten. In solchen Situationen können wir aber oft versuchen, die möglichen Risiken auf der Grundlage vergangener oder neuer Erfahrungen zu schätzen. Hertwig et al. (2004) haben diese beiden Klassen von Entscheidungen als beschreibungsbasierte und erfahrungsbasierte Entscheidungen – *decisions from description and decisions from experience* – charakterisiert. Im Folgenden soll es um erfahrungsbasierte Entscheidungen gehen.<sup>1</sup>

#### 4. Erfahrungsbasierte Entscheidungen unter Risiko

Die Forschung zum Entscheiden unter Risiko hat fast ausschließlich beschreibungsbasierte Urteile untersucht. Immer wieder wurden Personen gebeten, die Beschreibungen von zwei Lotterien zu lesen (analog zu dem oben dargestellten Paradox) und sich dann zu entscheiden. Wie lassen sich aber jene Situationen empirisch untersuchen, in denen Menschen die möglichen monetären Ergebnisse und deren Wahrscheinlichkeiten nicht summarisch zur Verfügung gestellt werden? Hertwig et al. (2004; Weber et al. 2004) entwickelten eine experimentelle Methode, die an das Glückspiel-Paradigma anknüpft, und damit den Vergleich zu einem reichhaltigen Repertoire an empirischen Befunden und Theorien ermöglicht. In ihren Untersuchungen sahen die Versuchspersonen zwei Boxen auf einem Computerbildschirm. Sie konnten sukzessive Informationen aus jeder Box sammeln, indem sie auf die Boxen klickten. Bei jedem Klick auf eine der beiden Boxen wurde zufällig ein Geldbetrag angezeigt. Eine Person sah so zum Beispiel bei 10-maligem Klicken auf die 1. Box die 10 Geldbeträge [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 100 Millionen, 0, 0] und bei 9-maligem Klicken auf die 2. Box die Geldbeträge [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]. Es stand jeder Person frei zu entschei-

---

<sup>1</sup> Entscheidungen unter Risiko werden typischerweise als solche definiert, in denen die Ereignisse und deren Wahrscheinlichkeiten bekannt sind. In erfahrungsbasierten Entscheidungen sind diese zunächst unbekannt. Durch das Abrufen von alten oder das Sammeln von neuen Erfahrungen können aber die möglichen Ereignisse erschlossen und deren Wahrscheinlichkeiten geschätzt werden. Daher klassifizieren wir hier erfahrungsbasierte Entscheidungen auch als Entscheidungen unter Risiko (siehe Hau et al. 2008).

den, wie häufig sie jede Box anklickte und damit, wie viel Informationen sie suchen wollte. Sobald sie aber die Suche für beendet erklärt hatte, wurde sie gebeten, sich für eine der beiden Boxen zu entscheiden. Aus dieser Box wurde noch einmal gezogen und das gezogene Ereignis beeinflusste den Verdienst der Versuchsperson.

Jede Box repräsentierte eine Lotterie. Die erste Box könnte zum Beispiel eine Lotterie repräsentieren, in der man mit einer 11%-Chance 100 Millionen, und mit einer 89%-Chance 0 Millionen gewinnen kann. Die zweite Box könnte zum Beispiel eine Lotterie repräsentieren, in der man mit einer 10%-Chance 500 Millionen und mit einer 90%-Chance 0 Millionen gewinnen kann. Den Versuchspersonen waren jedoch die Wahrscheinlichkeiten und Geldbeträge der Lotterien zu Versuchsbeginn zunächst gänzlich unbekannt. Erst durch das Anklicken der Boxen konnten sie sich schrittweise ein Bild über die möglichen Geldbeträge und deren vermutlichen Auftretenswahrscheinlichkeiten machen.

## **5. Unterscheiden sich beschreibungsbasierte und erfahrungsbasierte Entscheidungen unter Risiko?**

Statistisches Denken hängt auch vom entsprechenden Format ab, in dem probabilistische Informationen präsentiert werden (zum Beispiel Hoffrage et al. 2000). Doch nicht nur statistische Inferenzen, sondern auch Entscheidungen werden durch das Informationsformat beeinflusst. Die Entscheidung zwischen zwei Lotterien ist nicht nur durch die jeweils monetären Ergebnisse und zugehörigen Wahrscheinlichkeiten bedingt, sondern auch durch die Art und Weise, wie diese präsentiert werden. Hertwig, Barron, Weber und Erev (2004), Weber, Blais und Shafir (2004), Gottlieb, Weiss und Chapman (2007), Erev, Glözman und Hertwig (2008), Hau, Pleskac, Kiefer und Hertwig (2008) und Rakow, Demes und Newell (2008) haben große und systematische Differenzen zwischen beschreibungsbasierten und erfahrungsbasierten Entscheidungen beobachtet. Diese Unterschiede, die pragmatische Implikationen zum Beispiel im Kontext von Risikowahrnehmung und Risikokommunikation haben (siehe z.B. Yechiam et al. 2005), lassen sich auf folgenden Nenner bringen: In erfahrungsbasierten Entscheidungen erhalten seltene Ereignisse, wie zum Beispiel eine 0,1%-Chance 500 Millionen zu gewinnen, weniger Gewicht als – in Anbetracht ihrer objektiven Wahrscheinlichkeit – angemessen wäre. Dies ist unter anderem deshalb bedeutsam, weil die kumulative Prospekttheorie (Tversky/Kahneman 1992)—die gegenwärtig einflussreichste deskriptive Theorie des Entscheidens

unter Risiko—bei beschreibungsbasierten Entscheidungen die umgekehrte Gewichtungsdynamik postuliert (siehe auch Brandstätter et al. 2002): Seltene Ereignisse werden übergewichtet. Dies bedeutet allerdings nicht, dass die kumulative Prospekttheorie erfahrungsbasierte Urteile nicht auch modellieren könnte (siehe unten; Fox und Hadar 2006).

Worauf lässt sich der geringe Einfluss seltener Ereignisse bei erfahrungsbasierten Entscheidungen zurückführen? Hertwig et al. (2004; Hau et al. 2010) beobachteten, dass Personen sich mit vergleichsweise kleinen Erfahrungsstichproben (Median von 15 Ziehungen über beide Boxen) zufrieden gaben. In diesen kleinen Stichproben sind seltene Ereignisse im Vergleich zu ihren objektiven Wahrscheinlichkeiten unterrepräsentiert (was mit der schiefen Binomialverteilung bei kleinen Stichproben und geringen Wahrscheinlichkeiten zusammenhängt, siehe Hertwig et al. 2004). Darüber hinaus scheint es eine Tendenz zu geben, den zuletzt erfahrenen Ereignissen mehr Gewicht beizumessen als den frühen Ereignissen (aber siehe Rakow et al. 2008). Dieser *Recency*-Effekt macht die bereits kleinen Stichproben, auf deren Grundlage ein Urteil gefällt wird, funktional noch kleiner. Folglich werden seltene Ereignisse noch stärker in den Hintergrund gedrängt.

Es gibt eine Reihe von Gründen, warum Menschen sich manchmal auf relativ kleine Stichproben verlassen. Ein möglicher Grund könnte in den kognitiven und materiellen Kosten (Opportunitätskosten) der Suche nach Information liegen. Es könnte aber auch damit zusammenhängen, dass kleine Stichproben die Tendenz haben, Unterschiede zu akzentuieren und damit Entscheidungen leichter zu machen. In einer Simulation mit 1000 Paaren von Lotterien demonstrierten Hertwig und Pleskac (2008), dass der Unterschied zwischen den Erwartungswerten der Stichproben aus beiden Boxen (d.h. sofern man die erfahrenen Häufigkeiten der Ereignisse in den Stichproben zugrunde legt) größer ist als zwischen den objektiven Erwartungswerten (berechnet auf der Grundlage der objektiven Wahrscheinlichkeiten). Wurde zum Beispiel lediglich zwei Mal aus beiden Boxen gezogen, dann war der „erfahrene“ Unterschied zwischen beiden Erwartungswerten im Schnitt 50% größer als der „objektive“ Unterschied der Erwartungswerte. Wurde hingegen zehn Mal aus beiden Boxen gezogen, dann war der „erfahrene“ Unterschied im Schnitt 10% größer als der „objektive“ Unterschied. In dem Maße, in dem größere Unterschiede eine Unterscheidung zwischen zwei Lotterien erleichtern, könnten Personen bereits nach kleinen Stichproben eine Präferenz bilden und keine Notwendigkeit für weitere Informationen sehen.

## 6. Erfahrungsbasierte Entscheidungen und kognitiven Heuristiken

Man kann Personen, die erfahrungsbasierte Entscheidungen treffen, dazu veranlassen, große Stichproben zu ziehen (zum Beispiel per Instruktion oder mit Hilfe finanzieller Anreize). In diesem Fall nähern sich die relativen Häufigkeiten in der Erfahrungsstichprobe jenen objektiven Wahrscheinlichkeiten an, welche den Personen in beschreibungsbasierten Urteilen präsentiert werden (Hau et al. 2008). Doch selbst in diesem Fall fanden sich zwar kleinere aber doch systematische Unterschiede zwischen erfahrungs- und beschreibungsbasierten Urteilen unter Risiko (siehe Abbildung 4 in Hau et al. 2008; Hau et al. 2010). Wodurch kommen diese zustande? Eine mögliche Antwort führt uns wieder zu kognitiven Heuristiken.<sup>2</sup>

Ähnlich wie Brandstätter, Gigerenzer und Hertwig (2006) für beschreibungsbasierte Entscheidungen unter Risiko, haben Hau, Pleskac, Kiefer und Hertwig (2008) in erfahrungsbasierten Entscheidungen untersucht, wie gut diverse kognitive Strategien diese prognostizieren können. Verglichen wurden die kumulative Prospekttheorie (Tversky/Kahneman 1992), das Zwei-Stufen-Modell (Fox/Tversky 1995)<sup>2</sup>, zwei Lernmodelle (Value-updating-Modell von Hertwig et al. 2006; und das Fractional-adjustment-Modell von March 1996) zehn klassische Entscheidungsheuristiken (Payne et al. 1993; Thorngate 1980), die Prioritätsheuristik (Brandstätter et al. 2006) und die Natural-Mean-Heuristik, eine Heuristik, die Hau et al. (2007) vorschlugen. Letztere postuliert folgende zwei Schritte:

*Schritt 1:* Für Box 1 (Lotterie 1) summiere alle erfahrenen Beträge (zum Beispiel Geld, Punkte) und teile die Gesamtsumme durch die Anzahl der Ziehungen (die Stichprobengröße). Mache das gleiche für Box 2 (Lotterie 2).

*Schritt 2:* Wähle die Lotterie mit dem höheren mittleren Gewinn.

Die Natural-Mean-Heuristik trifft die gleichen Verhaltensvorhersagen wie die Erwartungswerttheorie; der zugrunde liegende Prozess ist jedoch einfacher. Die

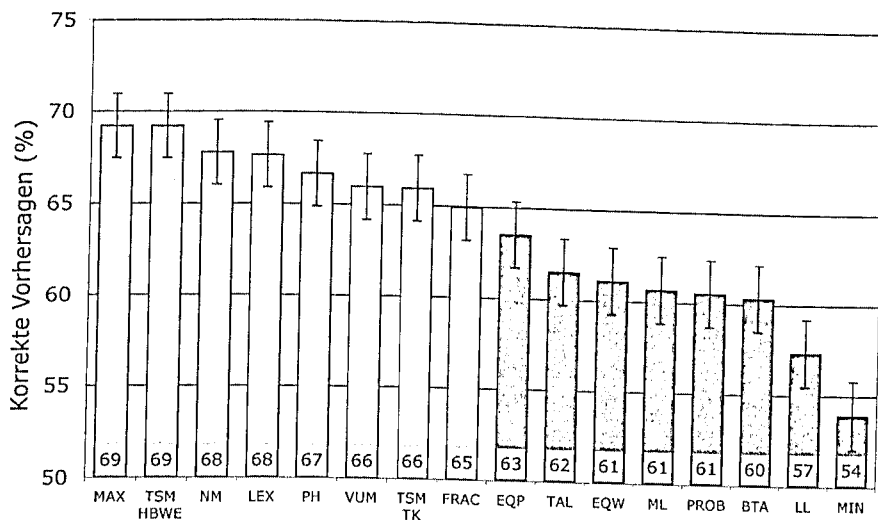
---

2 In Gestalt des Zwei-Stufen-Modell generalisierten Fox und Tversky (1995) die kumulative Prospekttheorie auf Entscheidungen unter Unsicherheit. In Situationen, in denen Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen nicht explizit zur Verfügung stehen, werden diese, so die zentrale Prämisse des Zwei-Stufen-Modell, geschätzt. Die subjektiven Wahrscheinlichkeiten werden dann im Sinne der kumulativen Prospekttheorie verarbeitet.



Heuristik bedarf weder der expliziten Repräsentation von Wahrscheinlichkeit noch der Multiplikation der Wahrscheinlichkeit mit den distinkten Ereignissen.

Abbildung 2: Anzahl korrekter Vorhersagen von 624 individuellen erfahrungsbasierten Entscheidungen



Sechzehn Entscheidungsmodelle wurden getestet (Abbildung wurde adaptiert von Hau et al. 2008): MAX: Maximax-Heuristik; TSM: Two-stage Modell (HBWE, gefittet an die Daten von Hertwig et al. 2004); NM: Natural-Mean-Heuristik; LEX: Lexikographische Heuristik; PH: Prioritätsheuristik; VUM: Value-updating Modell; TSM: Two-stage Modell (TK, unter Benutzung der geschätzten Parameterwerte von Tversky und Kahneman, 1991); FRAC: Fractional-adjustment Modell; EQP: Equiprobable-Heuristik; TAL: Tallying; EQW: Equal-weight-Heuristik; ML: Most-likely-Heuristik; PROB: Probable-Heuristik; BTA: Better-than-average-Heuristik; LL: Least likely-Heuristik; MIN: Minimax-Heuristik (die Heuristiken sind in Tabelle 1 beschrieben). Die dunkelgrauen Balken repräsentieren jene Modelle, die signifikant schlechter abschnitten als die beiden besten Modelle. Die Fehlerbalken repräsentieren  $\pm 1$  Standardfehler.

Hau, Pleskac, Kiefer und Hertwig (2008) untersuchten, wie gut die insgesamt sechzehn Entscheidungsmodelle erfahrungsbasierte Urteile unter Risiko prognostizieren können. Für diesen Zweck fassten sie 624 individuelle Urteile aus

drei verschiedenen Studien zusammen. Abbildung 2 zeigt die Anzahl korrekt vorhergesagter Urteile. Die Unterschiede zwischen den Modellen fallen deutlich geringer aus als in Abbildung 1. Einer der Gründe ist, dass in Abbildung 2 nicht Majoritätsentscheidungen sondern die Entscheidungen individueller Personen vorhergesagt werden. Deren begrenzte Reliabilität (siehe Brandstätter et al. 2008) schränkt die Vorhersagekraft der Modelle ein. Die drei besten kognitiven Heuristiken, die Natural-Mean-Heuristik, die Maximax-Heuristik (Thorngate 1980) und die lexikographische Heuristik (Payne et al. 1993) prognostizierten 69% bzw. 68% aller 624 Entscheidungen richtig. Das Zwei-Stufen-Modell (Fox/Tversky 1995), das sich in dieser Analyse auf die kumulative Prospekttheorie reduziert, sagt gleichfalls 69% der Urteile korrekt vorher. Allerdings nur dann, wenn man die Wahrscheinlichkeitsgewichtungparameter der kumulativen Prospekttheorie zunächst an erfahrungsbasierten Entscheidungen fittet. Hau, Pleskac, Kiefer und Hertwig (2008) haben die Parameter an die erfahrungsbasierten Entscheidungen in der Publikation von Hertwig, Barron, Weber und Erev (2004) gefittet. Interessanterweise haben sie dabei festgestellt, dass die typische S-förmige Gewichtungsfunktion, die in beschreibungsbasierten Entscheidungen für eine Übergewichtung von seltenen Ereignissen und eine Untergewichtung von häufigen Ereignissen steht, in erfahrungsbasierten Entscheidungen fast völlig verschwindet. An ihre Stelle tritt eine nahezu perfekte lineare Gewichtungsfunktion (siehe Abbildung 7 in Hau et al. 2008).

Dieser erste Vergleich zwischen verschiedenen kognitiven Strategien bei erfahrungsbasierten Entscheidungen unter Risiko ist noch nicht völlig befriedigend, weil, wie Abbildung 2 zeigt, die Unterschiede zwischen den Strategien oft klein und nicht signifikant sind. Allerdings deutet diese Analyse an, dass kognitive Heuristiken auch gute Modelle für entscheidungsbasierte Entscheidungen sein können. Die drei besten Heuristiken zeichnen sich dadurch aus, dass sie keine oder nur ordinale Wahrscheinlichkeitsinformationen benötigen. Die Maximax-Heuristik zum Beispiel entscheidet sich zwischen zwei Lotterien, indem sie jene wählt, die den höchsten Einzelgewinn verspricht (gleichgültig mit welcher Wahrscheinlichkeit und gleichgültig, welche anderen Ausgänge sonst noch eintreten können). Die lexikographische Heuristik identifiziert zunächst das jeweils wahrscheinlichste Ereignis in beiden Lotterien und wählt dann die Lotterie, deren wahrscheinlichstes Ereignis attraktiver ist. Sind die wahrscheinlichsten Ereignisse identisch, werden die zweitwahrscheinlichsten zu Rate gezogen.

Die Natural-Mean-Heuristik erstellt keine explizite Repräsentation von Wahrscheinlichkeiten, die Maximax-Heuristik lässt Wahrscheinlichkeiten völlig außer Acht und die lexikographische Heuristik benötigt lediglich ordinale

Wahrscheinlichkeitsinformation. Damit unterscheiden sich die erfolgreichen Heuristiken bei erfahrungsbasierten Urteilen von der Prioritätsheuristik (Brandstätter et al. 2006). Diese benutzt die metrische Information von Wahrscheinlichkeiten, die bei beschreibungsbasierten Urteilen explizit angegeben werden, sofern die Minimalgewinne sich nicht oder nicht genügend unterscheiden. Ein weiterer Unterschied zwischen der Prioritätsheuristik und den drei genannten Heuristiken besteht darin, dass die Prioritätsheuristik, wie bereits erwähnt, risikoaversiv agiert. Ihre höchste Priorität ist, jene Lotterie zu vermeiden, die den geringsten Minimalgewinn mit sich bringt („worst-case“-Szenario“). Im Gegensatz dazu besteht die einzige Priorität der Maximax-Heuristik darin, die Lotterie mit dem höchsten Gewinn zu wählen. Die Natural-Mean-Heuristik und die lexikographische Heuristik agieren hingegen risikoneutral. Zusammengefasst lässt sich also festhalten: Jene Heuristiken, die sich in erfahrungsbasierten Urteilen erfolgreich bewährt haben, benötigen keine expliziten sondern nur implizite Wahrscheinlichkeiten und erweisen sich im Vergleich zur Prioritätsheuristik als weniger risikoaversiv.

## 7. Schlussbemerkungen

Basel, 9. September 1713. An diesem Tag wurde der Brief an Pierre de Montmort verfasst, der die folgenden 300 Jahre Entscheidungsforschung prägen sollte. Wieso zahlten Personen nicht mehr als ein paar Münzen für ein Glücksspiel, dessen Erwartungswert unendlich war? Daniel Bernoulli gab darauf eine Antwort, indem er vorschlug den Kern des Erwartungswert-Modells beizubehalten, und empirische Abweichungen, wie das St. Petersburg Paradox, durch eine komplexere (nichtlineare) Wertefunktion zu modellieren. In dieser Tradition stehen Neo-Bernoullische Entscheidungstheorien wie zum Beispiel die Prospekttheorie (Kahneman/Tversky 1979), die kumulative Prospekttheorie (Tversky/Kahneman 1992), oder die Regret-Theorie (Loomes/Sugden 1982). Außerhalb der Entscheidungsforschung findet sich der Kern des Erwartungswert-Modells in Theorien der Motivation (Atkinson 1957), der Einstellung (Fishbein/Ajzen 1975) oder des Gesundheitsverhaltens (Becker 1974). Diese Theorien können im besten Fall das Verhalten vorhersagen, doch der Status der das Verhalten verursachenden psychologischen Prozesse bleibt oft unklar. Zudem wurde selten versucht, Evidenz für den Kernprozess der Multiplikation zu finden.

In diesem Beitrag zeigen wir einen völlig anderen Weg auf, wie Menschen mit Konflikten zwischen antagonistischen Dimensionen umgehen, nämlich in Gestalt von sequentiellen Heuristiken. Im Unterschied zu „as-if“-Modellen sagen diese Heuristiken nicht nur Verhalten vorher, sondern versuchen auch zu erklären, wie es zustande kommt. Für beschreibungsbasierte Entscheidungen sagt die Prioritätsheuristik (Brandstätter et al. 2006) die Entscheidungen in mehreren hundert Entscheidungsproblemen besser vorher als drei Neo-Bernoullische Modelle und eine Vielzahl klassischer Heuristiken. In erfahrungsbasierten Entscheidungen schneiden einfache Heuristiken ohne freie Parameter wie zum Beispiel die Maximax-Heuristik und die Natural-Mean-Heuristik (Hau et al. 2007) genauso gut ab wie die kumulierte Prospekttheorie mit mehreren adjustierbaren Parametern.

Die Lösung des St. Petersburg Problems, die Daniel Bernoulli vorschlug, stieß keineswegs auf universelle Zustimmung. Sein Vetter Nicholas Bernoulli und andere zeitgenössische Wahrscheinlichkeitstheoretiker äußerten diverse Einwände (Jorland 1987). Wie wäre die Geschichte der psychologischen und ökonomischen Entscheidungsforschung verlaufen, wenn Daniel Bernoulli nicht eine subjektive Nutzenfunktion, sondern eine Heuristik vorgeschlagen hätte? Welche Heuristik hätte er vorgeschlagen? Natürlich wissen wir es nicht, aber Spekulationen mögen erlaubt sein. Lopes (1981) schlägt zur Lösung des St. Petersburg Paradoxons vor, dass die Bewertung eines Glücksspiels nicht auf der Höhe der maximalen (unwahrscheinlichen) Geldbeträge beruht, sondern dass Personen vorwiegend jene Geldbeträge ins Auge fassen, die sie die meiste Zeit gewinnen—und das sind eben nur ein paar Münzen. Diese Intuition könnte man unter Zuhilfenahme des Konzepts eines Aspirationsniveaus (Simon 1983) in Gestalt einer Heuristik formulieren. Ohne Frage, das Kapitel „kognitive Heuristiken“ in dem großen Buch der Entscheidungsforschung ist noch klein. Wir sind hoffnungsvoll, dass sich das bald ändern könnte.

## Literaturverzeichnis

- Albers, Wulf*, 2001: Prominence theory as a tool to model boundedly rational decisions. S. 297–317 in: Gerd Gigerenzer und Reinhard Selten (Hrsg.): Bounded rationality. The adaptive toolbox. Cambridge, MA: MIT Press.
- Allais, Maurice*, 1953: Le comportement de l'homme rationel devant le risque: Critique des postulats et axiomes de l'école américaine [Rational man's behavior in face of risk: Critique of the American School's postulates and axioms]. In: *Econometrica*, 21, 503–546.

- Allais, Maurice*, 1979: Criticism of the Neo-Bernoullian formulation as a behavioural rule for rational man. S. 74–106 in: Allais, Maurice und Ole Hagen (Hrsg.): Expected utility hypotheses and the Allais paradox. Dordrecht, Netherlands: Reidel.
- Atkinson, John W.*, 1957: Motivational determinants of risk-taking behavior. In: Psychological Review, 64, 359–372.
- Becker, Marshall H.*, 1974: The health belief model and personal health behavior. In: Health Education Monographs, 2, 324–508.
- Bell, David E.*, 1982: Regret in decision making under uncertainty. In: Operations Research, 30, 961–981.
- Bell, David E.*, 1985: Disappointment in decision making under uncertainty. In: Operations Research, 33, 1–27.
- Bernoulli, Daniel*, 1954: Exposition of a new theory on the measurement of risk. In: Econometrica, 22, 23–36 (Original work published 1738)
- Birnbaum, Michael und Juan Navarrete*, 1998: Testing descriptive utility theories: Violations of stochastic dominance and cumulative independence. In: Journal of Risk and Uncertainty, 17, 49–78.
- Brandstätter, Eduard, Gerd Gigerenzer und Ralph Hertwig*, 2006: The priority heuristic: Making choices without trade-offs. In: Psychological Review, 113, 409–432.
- Brandstätter, Eduard, Gerd Gigerenzer und Ralph Hertwig*, 2008: Risky choice with heuristics: Reply to Birnbaum, 2008, Johnson, Schulte-Mecklenbeck und Willemssen, 2008, and Rieger und Wang, 2008. In: Psychological Review, 115, 281–289.
- Brandstätter, Eduard, Anton Kühberger und Friedrich Schneider*, 2002: A cognitive-emotional account of the shape of the probability weighting function. In: Journal of Behavioral Decision Making, 15, 79–100.
- Erev, Ido, Ira Gluzman und Ralph Hertwig*, 2008: What impacts the impact of rare events. In: Journal of Risk and Uncertainty, 36, 153–177.
- Erev, Ido, Alvin E. Roth, Robert L. Slonim und Greg Barron*, 2002: Combining a theoretical prediction with experimental evidence to yield a new prediction: An experimental design with a random sample of tasks. Unpublished manuscript, Columbia University and Faculty of Industrial Engineering and Management, Technion, Haifa, Israel.
- Fishbein, Martin und Icek Ajzen*, 1975: Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Ford, J. Kevin, Neal Schmitt und Susa L. Schlechtman*, 1989: Process tracing methods: Contributions, problems, and neglected research questions. In: Organizational Behavior and Human Decision Processes, 43, 75–117.
- Fox, Craig R. und Liat Hadar*, 2006: „Decisions from experience” = sampling error + prospect theory: Reconsidering Hertwig, Barron, Weber und Erev, 2004. In: Judgment and Decision Making, 1, 159–161.
- Fox, Craig R. und Amos Tversky*, 1995: Ambiguity aversion and comparative ignorance. In: Quarterly Journal of Economics, 110, 585–603.
- Gigerenzer, Gerd*, 2004: Fast and frugal heuristics: The tools of bounded rationality. S. 62–88 in: Derek Koehler und Nigel Harvey (Hrsg.): Handbook of judgment and decision making. Oxford, UK: Blackwell.

- Gigerenzer, Gerd, Zeno Swijtink, Theodore Porter, Lorraine Daston, John Beatty und Lorenz Krüger, 1989: The empire of chance: How probability changed science and everyday life. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Gottlieb, Daniel A., Talia Weiss und Gretchen B. Chapman, 2007: Presentation of uncertainty information affects decision biases. In: *Psychological Science*, 18, 240-246.
- Hau, Robin, Timothy Pleskac, Jürgen Kiefer und Ralph Hertwig, 2008: The description–experience gap in risky choice: The role of sample size and experienced probabilities. In: *Journal of Behavioral Decision Making*.
- Hau, Robin, Timothy Pleskac und Ralph Hertwig, 2010.: Decisions from experience and statistical probabilities: Why they trigger different choices than a priori probabilities. *Journal of Behavioral Decision Making*, 23, 48-68.
- Hertwig, Ralph, Greg Barron, Elke U. Weber und Ido Erev, 2006: The role of information sampling in risky choice. S. 72-91 in: Klaus Fiedler und Peter Juslin (Hrsg.): *Information sampling and adaptive cognition*. New York: Cambridge University Press.
- Hertwig, Ralph, Greg Barron, Elke U. Weber und Ido Erev, 2004: Decision from experience and the effect of rare events. In: *Psychological Science*, 15, 534–539.
- Hertwig, Ralph und Timothy Pleskac, 2008: The game of life: How small samples render choices simpler. S. 209-236 in: Nick Chater und Mike Oaksford (Hrsg.): *The probabilistic mind: Prospects for rational models of cognition*. Oxford: Oxford University Press.
- Hoffrage, Ulrich, Samuel Lindsey, Ralph Hertwig und Gerd Gigerenzer, 2000: Communicating statistical information. In: *Science*, 290, 2261–2262. [Hoffrage, Ulrich, Samuel Lindsey, Ralph Hertwig und Gerd Gigerenzer (2001): Statistics: What seems natural? Response. In: *Science*, 292, S. 854–855.]
- Johnson, Eric J., Michael Schulte-Mecklenbeck und Martijn C. Willemsen, 2008: Process models deserve process data: A comment on Brandstätter, Gigerenzer, and Hertwig, 2006. In: *Psychological Review*, 115, 263-272.
- Jorland, Gérard, 1987: The Saint Petersburg paradox 1713-1937. S. 157-190 in: Lorenz Krueger, Lorraine Daston und Michael Heidelberger (Hrsg.): *The probabilistic revolution Vol. I: Ideas in history*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kahneman, Daniel und Amos Tversky, 1979: Prospect theory: An analysis of decision under risk. In: *Econometrica*, 47, 263–291.
- Loomes, Graham und Robert Sugden, 1982: Regret theory: An alternative theory of rational choice under uncertainty. In: *The Economic Journal*, 92, 805–824.
- Loomes, Graham und Robert Sugden, 1986: Disappointment and dynamic consistency in choice under uncertainty. In: *Review of Economic Studies*, 53, 271–282.
- Lopes, Lola L., 1981: Notes, comments, and new findings. *Journal of Experimental Psychology*. In: *Human Learning and Memory*, 7, 377-385.
- Lopes, Lola L. und Gregg C. Oden, 1999: The role of aspiration level in risky choice: A comparison of cumulative prospect theory and SP/A Theory. In: *Journal of Mathematical Psychology*, 43, 286–313.
- March, James G., 1996: Learning to be risk averse. In: *Psychological Review*, 103, 309-319.

- Mellers, Barbara A.*, 2000: Choice and the relative pleasure of consequences. In: *Psychological Bulletin*, 126, 910–924.
- Neumann, John von und Oskar Morgenstern*, 1944: *Theory of games and economic behavior*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Payne, John W., James R. Bettman und Eric J. Johnson*, 1993: *The adaptive decision maker*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rakow, Tim, K. Demes und Ben Newell*, 2008: Biased samples not mode of presentation: Reexamining the apparent underweighting of rare events in experience-based choice. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 106, 168–179.
- Rotter, James B.*, 1954: *Social learning and clinical psychology*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Savage, Leonard J.*, 1954: *The foundations of statistics* (2. Auflage). New York: Dover.
- Selten, Reinhard*, 2001: What is bounded rationality? S. 13–36 in: *Gerd Gigerenzer und Reinhard Selten* (Hrsg.): *Bounded rationality: The adaptive toolbox*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Simon, Herbert A.*, 1983: *Reason in human affairs*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Thorngate, Warren*, 1980: Efficient decision heuristics. In: *Behavioral Science*, 25, 219–225.
- Tversky, Amos*, 1972: Elimination by aspects: A theory of choice. In: *Psychological Review*, 79, 281–299.
- Tversky, Amos und Daniel Kahneman*, 1992: Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, 5, 297–323.
- Vroom, Victor H.*, 1964: *Work and motivation*. New York: Wiley.
- Weber E.U., S. Shafir und A. R. Blais*, 2004: Predicting risk sensitivity in humans and lower animals: Risk as variance or coefficient of variation. *Psychological Review*, 111, 430–445.
- Wigfield, Allan und Jacquelynne S. Eccles*, 1992: The development of achievement task values: A theoretical analysis. In: *Developmental Review*, 12, 265–310.
- Yechiam, Eldad, Greg Barron und Ido Erev*, 2005: The role of personal experience in contributing to different patterns of response to rare terrorist attacks. In: *Journal of Conflict Resolution*, 49, 430–439.

### **Danksagung**

Eduard Brandstätter wurde vom Österreichischen Forschungsförderungsfonds (FWF, P18907-G11), und Ralph Hertwig vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (100013-107741/1) unterstützt.