

Leseprobe aus:

**Leonard Mlodinow**

# Wenn Gott würfelt



Mehr Informationen zum Buch finden Sie auf [rowohlt.de](http://rowohlt.de).

## **Inhalt**

Prolog 11

### **Kapitel 1**

#### **Ein Blick durch die Brille des Zufalls 15**

Die verborgene Rolle des Zufalls ... wenn Ratten  
Menschen übertrumpfen

### **Kapitel 2**

#### **Die Gesetze von Wahrheiten und Halbwahrheiten 37**

Die Grundprinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung  
und wie sie missbraucht werden ... warum eine gute  
Geschichte oft weniger wahrscheinlich ist als eine  
dünne Erklärung

### **Kapitel 3**

#### **Seinen Weg durch einen Raum von Möglichkeiten finden 63**

Ein Gerüst, um über Zufallssituationen nachzudenken ...  
von einem Glücksspieler im pestgeplagten Italien zu  
*Let's Make a Deal*

### **Kapitel 4**

#### **Auf der Suche nach dem Weg zum Erfolg 86**

Wie man die Zahl der Möglichkeiten bestimmt,  
die es für den Eintritt eines Ereignisses gibt, und warum  
das wichtig ist ... die mathematische Bedeutung  
der Erwartung

## **Kapitel 5**

### **Die widerstreitenden Gesetze der großen und der kleinen Zahlen 111**

Das Maß, in dem sich Wahrscheinlichkeiten in den Ergebnissen widerspiegeln, die wir beobachten ... Zenons Paradox, das Konzept des Grenzwertes und das Casino beim Roulette besiegen

## **Kapitel 6**

### **Falsch-positive und positive Trugschlüsse 139**

Wie man Erwartungen im Licht vergangener Ereignisse oder neuer Erkenntnisse anpasst ... Fehler beim Umgang mit bedingten Wahrscheinlichkeiten vom medizinischen Screening bis zum O.-J.-Simpson-Prozess und der Trugschluss des Anklägers

## **Kapitel 7**

### **Messungen und das Gesetz des Irrtums 164**

Bedeutung und fehlende Bedeutung bei Messungen ... die Glockenkurve und Wein-Ratings, politische Umfragen, Schulnoten und die Stellung der Planeten

## **Kapitel 8**

### **Die Ordnung im Chaos 191**

Wie große Zahlen die Unordnung des Zufalls kompensieren können ... oder warum 200 000 000 Autofahrer ein Gewohnheitstier bilden

## **Kapitel 9**

### **Illusionen von Mustern und Muster von Illusionen 220**

Warum wir oft von den Regelmäßigkeiten bei Zufallsereignissen zum Narren gehalten werden ... können eine Million aufeinander folgender Nullen oder der Erfolg von Wall-Street-Gurus Zufall sein?

## **Kapitel 10**

### **Wie der Zufall unser Leben bestimmt 249**

Warum Zufall ein fundamentaleres Konzept als Kausalität ist ...

Bruce Willis, Bill Gates und die Theorie der normalen

Katastrophen des Lebens

Danksagung 285

Anmerkungen 287

Sach- und Personenregister 307



*Für meine drei Wunder des Zufalls:  
Olivia, Nicolai und Alexei ... und  
für Sabina Jakubowicz*



## Prolog

Vor ein paar Jahren kaufte ein Mann in der spanischen Nationallotterie ein Los, das auf die Zahl 48 endete und gewann. Stolz auf seine «Leistung» enthüllte er das Geheimnis seines Erfolges. «Ich habe sieben Nächte hintereinander von der Zahl 7 geträumt!», erklärte er. «Und 7 mal 7 ist 48.»<sup>1</sup> Diejenigen unter uns, die das kleine Einmaleins besser beherrschen, lächeln vielleicht über den Irrtum des Spaniers, doch wir alle schaffen uns unsere eigene Sicht der Welt, benutzen sie dann als Filter und verarbeiten unsere Wahrnehmungen, um der Datenflut, die uns im Alltag überschwemmt, Bedeutung abzugewinnen. Und wir machen oft Fehler, die, wenn auch weniger offensichtlich, ebenso schwerwiegend sind wie jener des Lotteriespielers.

Dass sich die menschliche Intuition schlecht zum Umgang mit Situationen eignet, die Unsicherheit beinhalten, ist bereits seit den 30er Jahren bekannt; damals stellten Forscher fest, dass Menschen weder eine Zahlenfolge erzeugen konnten, die mathematischen Tests für Zufälligkeit standhielt, noch zuverlässig erkannten, ob eine gegebene Zahlenfolge zufallsgeneriert war oder nicht. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich ein neues akademisches Gebiet entwickelt, das sich dafür interessiert, wie Menschen angesichts mangelhafter oder unvollständiger Information Urteile fällen und Entscheidungen treffen. Wie die Untersuchungen dieser Forscher gezeigt haben, sind unsere Denkprozesse, wenn Zufall und Wahrscheinlichkeit eine Rolle spielen, häufig voller Fehler. Ihre Arbeit stützt sich auf viele

Disziplinen, von der Mathematik und den traditionellen Naturwissenschaften über kognitive Psychologie und Verhaltensökonomie bis hin zu den modernen Neurowissenschaften. Doch obgleich solche Studien von einem aktuellen Nobelpreis (in den Wirtschaftswissenschaften) geadelt wurden, sind die Lehren, die man daraus ziehen kann, noch nicht über akademische Kreise hinaus in eine größere Öffentlichkeit vorgedrungen. Dieses Buch ist ein Versuch, das zu ändern. Es geht um die Prinzipien, die den Zufall regieren, um die Entwicklung solcher Vorstellungen und darum, wie sie in Politik, Geschäftsleben, Medizin, Wirtschaft, Sport, Freizeit und anderen Tätigkeitsgebieten Einfluss ausüben. Es geht weiter darum, wie wir Entscheidungen treffen, und um die Prozesse, die dazu führen, dass Menschen Fehlurteile (und schlechte Entscheidungen) fällen, wenn sie mit Zufälligkeit oder Ungewissheit konfrontiert werden.

Fehlende Information führt oft zu miteinander konkurrierenden Interpretationen. Aus diesem Grund ist es zum Beispiel so schwierig, die Klimaerwärmung sicher zu belegen, aus diesem Grund werden Medikamente manchmal als «sicher» deklariert und später doch wieder vom Markt genommen, und aus diesem Grund wird mir auch nicht jedermann zustimmen, dass Schokoladenmilchshakes unverzichtbarer Bestandteil einer herzgesunden Ernährung sind. Leider hat die Fehlinterpretation von Daten im Großen wie im Kleinen viele negative Konsequenzen. Wie wir noch sehen werden, interpretieren sowohl Ärzte als auch Patienten Statistiken über Medikamentenwirksamkeit und wichtige medizinische Tests häufig falsch. Eltern, Lehrer und Studenten missverstehen die Aussagekraft von Examina und Zugangstests, Weinkenner begehen Fehler bei der Beurteilung von Weinen. Und Investoren ziehen falsche Rückschlüsse aus dem früheren Abschneiden von Investmentfonds.

Im Sport haben wir eine Kultur entwickelt, in der Erfolg oder Misserfolg eines Teams aufgrund eines intuitiven Gefühls für Korrelation weitgehend auf die Fähigkeit des Trainers zurückgeführt wird. Wenn Teams verlieren, wird daher häufig der Trainer gefeu-

ert. Eine mathematische Analyse dieser Strategie in allen wichtigen Sportarten hat jedoch gezeigt, dass das Feuern des Trainers im Mittel keine Auswirkungen auf die Leistung des Teams hat.<sup>2</sup> Ein ähnliches Phänomen tritt in den Konzernetagen auf, wo man Führungskräften übermenschliche Kräfte zutraut und davon ausgeht, sie könnten einen Konzern groß machen oder aber ruinieren. Aber immer wieder, sei es bei Kodak, Lucent oder Xerox, hat sich dieser Glaube als illusorisch erwiesen. Als Gary Wendt in den 90er Jahren die Finanzsparte von General Electrics unter Jack Welch leitete, galt er als einer der cleversten Geschäftsmänner in den USA. Wendt schlug Kapital aus diesem Ruf und setzte ihn in einen Bonus von 45 Millionen US-Dollar um, als er abgeworben wurde, um das in Schwierigkeiten befindliche Finanzunternehmen Conseco zu sanieren. Die Investoren begrüßten diesen Wechsel offenbar und gingen davon aus, mit Wendt an der Spitze seien Consecos Probleme vorbei: Innerhalb eines einzigen Jahres verdreifachten die Aktien des Unternehmens ihren Wert. Doch zwei Jahre später trat Wendt plötzlich zurück, Conseco ging bankrott, und der Wert der Aktien fiel ins Bodenlose.<sup>3</sup>

War Wendt an einer unmöglichen Aufgabe gescheitert? War er am Steuer eingeschlafen? Oder beruhte Wendts Glorifizierung auf fragwürdigen Annahmen, zum Beispiel darauf, dass eine Führungskraft beinahe absolute Macht hat, ein Unternehmen zu beeinflussen, oder dass ein einziger Erfolg in der Vergangenheit ein zuverlässiger Indikator für zukünftige Leistungen ist? Fragen, die sich nicht zuverlässig beantworten lassen, ohne die Situation in jedem Einzelfall gründlich zu analysieren. Ich möchte dies in späteren Kapiteln anhand mehrerer Beispiele illustrieren, aber wichtiger noch: ich möchte Ihnen die Werkzeuge zeigen, die man braucht, um die Fußstapfen des Zufalls zu erkennen.

Gegen den Strom menschlicher Intuition zu schwimmen, ist eine schwierige Sache. Wie wir noch diskutieren werden, ist der menschliche Verstand so strukturiert, dass er für jedes Ereignis einen definitiven Grund sucht und daher unter Umständen Probleme hat, den

Einfluss unzusammenhängender Zufallsfaktoren zu akzeptieren. Und darum besteht der erste Schritt darin, zu erkennen, dass Erfolg oder Misserfolg manchmal weder aus überragenden Leistungen noch aus völliger Inkompetenz erwächst, sondern, wie der Ökonom Armen Alchian schrieb, aus «zufälligen Umständen».<sup>4</sup> Zufallsprozesse sind eine fundamentale Größe in der Natur und in unserem Alltag allgegenwärtig, doch die meisten Leute verstehen sie nicht oder denken nicht viel über sie nach.

Der englische Titel dieses Buches lautet «The Drunkard's Walk» (wörtlich: Das Torkeln des Trunkenbolds), ein Ausdruck, für den es im Deutschen keine Entsprechung gibt. Er leitet sich von einem mathematischen Begriff ab, der Zufallsbewegungen beschreibt, etwa die Bahn, der Moleküle in einem Gas oder einer Flüssigkeit folgen, wenn sie unablässig gegen ihre Schwestermoleküle stoßen und von diesen angerempelt werden. Es ist, als ob Gott würfelt, ein Sinnbild für den Zufall, den wir nicht berechnen können. Das kann eine Metapher für unser Leben sein, für unseren Weg vom College zur Karriere, vom Singlehaushalt zur Familie, vom 1. zum 18. Golfloch. Das Überraschende ist, dass die mathematischen Werkzeuge, die dazu dienen, diese Zufallsbewegungen zu verstehen, auch dazu eingesetzt werden können, Alltagsereignisse besser zu begreifen. Ziel dieses Buches ist es, die Rolle des Zufalls in der Welt um uns herum darzustellen und zu zeigen, wie wir sein Wirken erkennen können. Ich hoffe, dass Sie, lieber Leser, nach dieser Reise durch die Welt des Zufalls das Leben mit anderen Augen betrachten und ein tieferes Verständnis für die Rolle von Zufall und Wahrscheinlichkeit in unserem Alltag gewinnen.

## KAPITEL 1

# EIN BLICK DURCH DIE BRILLE DES ZUFALLS

ICH ERINNERE MICH, wie ich als Teenager die gelben Flammen der Sabbatkerzen über den weißen Petroleumzylindern flackern sah, aus denen sie sich speisten. Ich war zu jung, um Kerzenlicht romantisch zu finden, doch ich fand es magisch – wegen der tanzenden Bilder, die vom Feuer geschaffen wurden. Die Flammen zuckten und verwandelten sich, wuchsen und fielen wieder in sich zusammen, alles ohne ersichtlichen Grund und Plan. Sicherlich, dachte ich, musste hinter dem Flackern der Flammen ein Muster verborgen sein, das Wissenschaftler in mathematische Gleichungen fassen konnten. «So funktioniert das Leben nicht», erklärte mir mein Vater. «Manchmal geschehen Dinge, die nicht vorhersehbar sind.» Er erzählte mir von der Zeit, als er im Konzentrationslager Buchenwald war und kurz vor dem Verhungern einen Laib Brot aus der Bäckerei gestohlen hatte. Der Bäcker veranlasste die Gestapo, alle Gefangenen vorzuführen, die den Diebstahl begangen haben konnten, und sie mussten sich in einer Reihe aufstellen. «Wer hat das Brot gestohlen?», fragte der Bäcker. Als niemand antwortete, wies er die Wärter an, einen nach dem anderen zu erschießen, bis alle tot waren oder einer gestände. Mein Vater trat vor, um die anderen zu schonen. Er versuchte nicht, sich als Held darzustellen, sondern sagte, er habe es getan, weil er glaubte, so oder so erschossen zu werden. Aber stattdessen gab der Bäcker

meinem Vater einen Posten als sein Gehilfe. «Ein Zufallsereignis», so mein Vater. «Es hatte nichts mit dir zu tun, aber wenn die Sache anders gelaufen wäre, wärst du niemals geboren worden.» Das brachte mich darauf, dass ich eigentlich Hitler meine Existenz verdankte; die Deutschen hatten die erste Frau meines Vaters und ihre beiden kleinen Kinder ermordet und dadurch sein gesamtes früheres Leben ausgelöscht. Und wenn der Krieg nicht gewesen wäre, wäre mein Vater niemals nach New York emigriert, hätte niemals meine Mutter getroffen, die ebenfalls geflohen war, und niemals mich und meine beiden Brüder gezeugt.

Mein Vater sprach selten vom Krieg. Ich habe es damals nicht begriffen, aber später dämmerte es mir: Wenn er von seinen Erlebnissen sprach, dann weniger, um seine Erfahrungen mit mir zu teilen, sondern weil er mir etwas über das Leben erzählen wollte. Krieg ist ein Extremereignis, doch die Rolle des Zufalls basiert nicht auf Extremen. Die Konturen unseres Lebens werden, wie diejenigen der Kerzenflammen, durch eine Reihe von Zufallsereignissen ständig umgeformt und in neue Richtungen gelenkt, die zusammen mit unseren Reaktionen darauf unser Schicksal bestimmen. Infolgedessen ist der Lauf des Lebens nicht nur schwer vorhersehbar, sondern auch schwer zu deuten. Genauso, wie es bei einem Rorschach-Klecks sein kann, dass Sie Madonna sehen und ich ein Schnabeltier, lassen sich die Daten, auf die wir im Geschäftsleben, vor Gericht, in der Medizin, im Sport, in den Medien oder auf dem Zeugnis der Kinder stoßen, in unterschiedlicher Weise lesen. Aber anders als beim Rorschach-Test gibt es richtige und falsche Wege, die Rolle des Zufalls zu interpretieren.

Menschen folgen oft ihrer Intuition, wenn sie in unsicheren Situationen eine Entscheidung fällen sollen. Intuitives Vorgehen war in unserer Evolution zweifellos von Vorteil, wenn es darum ging, rasch zu entscheiden, ob ein Säbelzahniger lächelte, weil er satt und zufrieden war, oder weil er ausgehungert war und sich auf seine nächste Mahlzeit freute. Aber die modernen Zeiten folgen einem

anderen Rhythmus, und heutzutage können sich solche intuitiven Prozesse nachteilig auswirken. Im Umgang mit den Tigern unserer Tage kann unsere übliche Denkweise zu Entscheidungen führen, die suboptimal oder sogar völlig falsch sind. Das ist für diejenigen, die untersuchen, wie das Gehirn Ungewissheit verarbeitet, wenig erstaunlich: Viele Studien zeigen eine enge Verbindung zwischen den Teilen unseres Gehirns, die Zufallssituationen beurteilen, und jenen, die den Wesensbereich steuern, der häufig als Hauptquelle unserer Irrationalität angesehen wird – unsere Emotionen. So zeigt die Funktionelle Kernspintomographie beispielsweise, dass Risiko und Belohnung von Teilen des dopaminergen Systems bewertet werden, einem Belohnungsschaltkreis im Gehirn, der wichtig für motivationale und emotionale Prozesse ist.<sup>1</sup> Die Hirnscans zeigen auch, dass der Mandelkern (Amygdala), der ebenfalls eng mit dem emotionalen Zustand eines Menschen verknüpft ist, aktiviert wird, wenn Menschen Entscheidungen auf unsicherer Basis treffen.<sup>2</sup>

Die Mechanismen, mit denen Menschen Situationen analysieren, in denen der Zufall eine Rolle spielt, sind ein komplexes Produkt aus evolutionären Faktoren, Hirnstruktur, persönlicher Erfahrung, Wissen und Emotion. Tatsächlich ist die menschliche Reaktion auf Ungewissheit so verzwickelt, dass manchmal unterschiedliche Strukturen im Gehirn zu unterschiedlichen Schlüssen kommen und offenbar darum streiten, welche sich durchsetzt. Wenn Ihr Gesicht zum Beispiel nach dem Genuss einiger saftiger Shrimps in drei von vier Fällen auf das Fünffache seiner normalen Größe anschwillt, wird die «logische» linke Hemisphäre Ihres Gehirns versuchen, ein Muster zu finden. Die «intuitive» rechte Hemisphäre wird hingegen zu dem einfachen Schluss kommen: «Finger weg von Shrimps!» Zumindest ist das das Ergebnis von Studien in einem weniger gefährlichen experimentellen Rahmen. Dieses Spiel nennt man «Wahrscheinlichkeiten erraten» (*probability guessing*). Statt mit Shrimps und Histaminen herumzuspielen, sehen Sie eine Reihe von Karten oder Lichtern, die zwei Farben haben können, beispielsweise Rot und

Grün. Das Experiment ist so angelegt, dass die Farben mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten auftreten, es aber sonst keinerlei Muster gibt. Beispielsweise kann es sein, dass Rot doppelt so häufig wie Grün erscheint, wie in der Folge Rot-Rot-Grün-Rot-Grün-Rot-Rot-Grün-Grün-Rot-Rot-Rot etc. Die Aufgabe der Versuchsperson ist es, nach einer Weile Zuschauen vorherzusagen, ob als nächstes Glied der Kette Rot oder Grün auftaucht.

Das Spiel hat zwei Grundstrategien. Die eine besteht darin, stets die Farbe zu nennen, die, wie Sie festgestellt haben, die häufigere ist. Das ist der Weg, den Ratten und andere nichtmenschliche Tiere einschlagen. Wenn Sie diese Strategie verfolgen, ist Ihnen ein gewisser Erfolg sicher, aber Sie müssen auch in Kauf nehmen, dass Sie Ihr Ergebnis nicht verbessern. Wenn beispielsweise in 75 Prozent aller Fälle Grün erscheint und Sie stets «Grün» vermuten, liegen Sie in 75 Prozent aller Fälle richtig. Die andere Strategie besteht darin, den Anteil von Grün- und Rot-Vermutungen an den Anteil von Grün und Rot anzupassen, den Sie in der Vergangenheit beobachtet haben. Wenn Rot und Grün nach einem bestimmten Muster auftauchen und Sie dieses Muster herausfinden, können Sie mit dieser Strategie jedes Mal richtig liegen. Wenn die Farben jedoch zufällig erscheinen, wäre es besser, bei der ersten Strategie zu bleiben. Wenn Grün in 75 Prozent aller Fälle zufällig auftritt, führt die zweite Strategie nur zu einer Erfolgsrate von 60 Prozent.

Menschen versuchen gewöhnlich, das Muster herauszufinden, und werden deshalb bei diesem Spiel von Ratten geschlagen. Es gibt jedoch Menschen mit einer bestimmten Hirnschädigung – sogenannte Split-Brain-Patienten –, die verhindert, dass die rechte und die linke Gehirnhälfte miteinander kommunizieren. Wenn man das Wahrscheinlichkeitsexperiment mit diesen Patienten so durchführt, dass sie das farbige Licht nur mit ihrem linken Auge sehen und nur ihre linke Hand benutzen, um ihre Vermutung zu signalisieren, dann ist nur die rechte Hirnhälfte an diesem Experiment beteiligt. Wenn das Experiment mit dem rechten Auge und der rechten Hand durch-

geführt wird, wird hingegen nur die linke Hirnhälfte getestet. Das Ergebnis dieses Doppalexperiments war verblüffend: Wie sich zeigte, verfolgte die rechte Hemisphäre ein und desselben Split-Brain-Patienten stets die Strategie, die häufigere Farbe zu wählen, während die linke Hemisphäre stets versuchte, das Muster zu erraten.<sup>3</sup>

Angesichts des Ungewissen weise Urteile und Entscheidungen zu fällen, ist eine seltene Fertigkeit. Doch wie jede Fertigkeit lässt sie sich durch Übung verbessern. Auf den folgenden Seiten möchte ich die Rolle des Zufalls in der Welt um uns herum, die Vorstellungen, die über die Jahrhunderte entwickelt wurden, um diese Rolle besser zu verstehen, und die Faktoren untersuchen, die uns häufig in die Irre führen. Der britische Philosoph und Mathematiker Bertrand Russell meinte dazu: «Wir alle beginnen mit dem ‹naiven Realismus›, das heißt mit der Doktrin, dass die Dinge sind, was sie zu sein scheinen. Wir denken, dass Gras grün ist, Steine hart sind und Schnee kalt ist. Doch die Physik lehrt uns, dass das Grün des Grases, die Härte der Steine und die Kälte des Schnees nicht das Grün des Grases, die Härte der Steine und die Kälte des Schnees sind, die wir aus eigener Erfahrung kennen, sondern etwas ganz anderes.»<sup>4</sup> Im Folgenden wollen wir das Leben durch die Brille des Zufalls betrachten und werden feststellen, dass viele Ereignisse in unserem Leben ebenfalls nicht das sind, was sie zu sein scheinen, sondern etwas ganz anderes.

**IM JAHR 2002** sprach das Nobelkomitee den Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften einem Wissenschaftler namens Daniel Kahneman zu. Heutzutage beschäftigen sich Wirtschaftswissenschaftler mit Fragen aller Art – sie erklären, warum Lehrer so schlecht bezahlt werden, warum Footballteams so viel wert sind und warum Körperfunktionen der Größe von Schweinemastbetrieben eine Grenze setzen (ein Schwein scheidet 3–5 Mal mehr Kot aus als ein Mensch, was bedeutet, dass eine Farm mit einigen tausend Schweinen oft mehr Fäkalien produziert als die benachbarten Kleinstädte<sup>5</sup>). Trotz all der