

Bernhard Fleischer, Reiner Lauterbach und Kurt Pawlik (Hrsg.)  
**Rationale Entscheidungen unter Unsicherheit**

# **Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Hamburg**

—

**Band 8**

Bernhard Fleischer, Reiner Lauterbach  
und Kurt Pawlik (Hrsg.)

# Rationale Entscheidungen unter Unsicherheit

---

**DE GRUYTER**  
AKADEMIE FORSCHUNG

*Herausgeber*

**Prof. Dr. Bernhard Fleischer**

Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin  
Bernhard-Nocht-Straße 74, 20359 Hamburg  
E-Mail: fleischer@bnitm.de

**Prof. Dr. Kurt Pawlik**

Universität Hamburg, Institut für Psychologie  
Von-Melle-Park 11, 20146 Hamburg  
E-Mail: pawlik@uni-hamburg.de

**Prof. Dr. Reiner Lauterbach**

Universität Hamburg, Fachbereich Mathematik  
Bundesstr. 55, 20146 Hamburg  
E-Mail: lauterbach@math.uni-hamburg.de

Die Akademie der Wissenschaften in Hamburg ist Mitglied in der



ISBN: 978-3-11-059830-8

e-ISBN (PDF): 978-3-11-060026-1

e-ISBN (EPUB): 978-3-11-059895-7

ISSN: 2193-1933

**Library of Congress Control Number:** 2018960720

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2019 Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston

Der Verlag hat für die Wiedergabe aller in diesem Buch enthaltenen Informationen mit den Autoren große Mühe darauf verwandt, diese Angaben genau entsprechend dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes abzdrukken. Trotz sorgfältiger Manuskriptherstellung und Korrektur des Satzes können Fehler nicht ganz ausgeschlossen werden. Autoren und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und keine daraus folgende oder sonstige Haftung, die auf irgendeine Art aus der Benutzung der in dem Werk enthaltenen Informationen oder Teilen davon entsteht.

Die Wiedergabe der Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen und dergleichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Namen ohne weiteres von jedermann benutzt werden dürfen. Vielmehr handelt es sich häufig um gesetzlich geschützte, eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht eigens als solche gekennzeichnet sind.

Einbandabbildung: ultraforma\_/iStock/Getty Images Plus

Satz: L42 AG, Berlin

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

[www.degruyter.com](http://www.degruyter.com)

## Grußwort

Menschen treffen täglich eine Vielzahl von Entscheidungen, entweder für sich selbst oder für andere. Individuelle Alltagsentscheidungen treffen sie meistens mit großer Sicherheit, weil Wissen, Erfahrung und Mut eine sichere Grundlage sind, um Nutzen und Risiko der Entscheidung abzuwägen.

Was aber sind die Grundlagen für Entscheidungen, wenn die Datenlage unsicher ist, weil eine völlig neue Situation erwartet wird oder schon eingetreten ist? Was tun, wenn es kein „richtig“ oder „falsch“ gibt? Können wir Risikokompetenz lernen? Welchen Beitrag kann die Wissenschaft zur Beratung der politischen Entscheidungsträger leisten?

Dies sind Fragen, mit denen sich auch zwei der interdisziplinär besetzten Arbeitsgruppen der Akademie der Wissenschaften in Hamburg aus ihrer je eigenen Perspektive auseinandersetzen: Zum einen die Arbeitsgruppe „Rationale Entscheidungen auf unsicheren Grundlagen“, die zum Ziel hat, das Ausmaß, die Bedeutung und mögliche Folgen des Konfliktes zwischen unzureichender Informationsbasis und Entscheidungsnotwendigkeit anhand beispielhafter Szenarien zu untersuchen sowie den Grad erreichbarer Rationalität praxisrelevanter Entscheidungen für sachgerechtes Handeln in entsprechenden Problemsituationen zu entwickeln. Zum anderen die Arbeitsgruppe „Infektionsforschung und Gesellschaft“, die sich auch mit den Einflüssen des technischen, sozialen und klimatischen Wandels auf den Verlauf und die Verbreitung von Infektionen befasst.

Gemeinsam organisierten daher beide Arbeitsgruppen 2017 ein Symposium, in dessen Zentrum die Frage stand, wie wir Unsicherheiten erkennen, bewerten und rational damit umgehen. Nach jedem Hauptvortrag führte ein fachnaher Kommentar in die Diskussion des Vortrags ein, wodurch ein intensiver, produktiver Austausch mit allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern angeregt wurde.

Aus diesen Vorträgen und Kommentaren ist der vorliegende Band erwachsen. Mein herzlicher Dank gilt allen Beitragenden, dass sie ungeachtet ihrer vielen Verpflichtungen bereit waren, uns ihre Texte für diese Publikation in aktualisierter und überarbeiteter Form zur Verfügung zu stellen.

Dank gebührt weiterhin den beiden Arbeitsgruppen, namentlich ihren Sprechern, Werner Solbach und Jörn Henning Wolf, für die Initiative und Konzeption des Symposiums sowie ganz besonders den sie unterstützenden AG-Mitgliedern Bernhard Fleischer, Reiner Lauterbach und Kurt Pawlik, die diese Publikation als Herausgeber intensiv begleitet haben. Redaktionell und organisatorisch wurde das Projekt von Elke Senne und Florian Henri Besthorn sorgfältig unterstützt – auch ihnen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Mit „Rationale Entscheidungen unter Unsicherheit“ liegt nunmehr bereits der achte Band in der Reihe „Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Hamburg“ vor, deren Inhalte und Erscheinungsformen die fächerübergreifende und vielfältige Arbeit unserer Akademie widerspiegeln. Sie erscheinen in lockerer Folge im

Verlag De Gruyter, dem ich, und hier namentlich Simone Witzel und Jessica Kischke, an dieser Stelle einmal mehr für die konstruktive Zusammenarbeit und Unterstützung danke.

Hamburg, im Oktober 2018

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. Edwin J. Kreuzer  
Präsident der Akademie der Wissenschaften in Hamburg

## Vorwort der Herausgeber

Menschliches Entscheidungsverhalten, ihm zugrunde liegende Motive, Erwartungen und Zielsetzungen, wurden schon früh auch Gegenstand wissenschaftlicher Forschung, besonders in Mathematik, Ökonomie, Philosophie und Psychologie. Wichtige Parameter jeder Entscheidungssituation betreffen den Umfang und die Zuverlässigkeit an Information (über Randbedingungen, Chancen und Gewicht von Erfolg und Misserfolg der Entscheidung), auf die man sich im eigenen Entscheidungsverhalten stützen kann. Einen besonderen Grenzfall stellen Entscheidungen unter Unsicherheit dar, ohne jedwede derartige Information, auf die man sich verlassen könnte. Sie bilden seit Längerem ein Schwerpunktthema entscheidungstheoretischer Grundlagenforschung.

In der Akademie der Wissenschaften in Hamburg griff die im Frühjahr 2014 neu eingerichtete Arbeitsgruppe *Rationale Entscheidungen auf unsicheren Grundlagen* dieses Thema mit zwei Zielsetzungen neu auf: Zum einen Ausmaß, Bedeutung und mögliche Folgen des Konfliktes zwischen unzureichender Informationsbasis und Entscheidungsnotwendigkeit zu studieren und zum anderen den Grad erreichbarer Rationalität praxisrelevanter Entscheidungen für sachgerechtes Handeln in solchen Problemsituationen zu analysieren. Schon früh wurde deutlich, dass dazu neben der wissenschaftlichen Beschreibung und Modellierung von Entscheidungssituationen auch Verhaltensregeln und Heuristiken zu reflektieren sind, die erfahrene Praktiker in Führungs- und Entscheidungspositionen (so in öffentlicher Verwaltung, Wirtschaft oder Betriebsführung) für sich entwickeln und einsetzen lernen.

Mit „Entscheidungen unter Unsicherheit“ war zu der Zeit in der Akademie auch die Arbeitsgruppe *Infektionsforschung und Gesellschaft* befasst; etwa bei der Aufarbeitung dokumentierter Erfolge und Pannen im Umgang mit Epi- und Pandemien und mit bislang unbekanntem Krankheitserregern. Unter dem Titel *Epidemien: Erreger und Ausbreitungswege* trug dazu Bernhard Fleischer bereits im November 2014 in der Arbeitsgruppe *Rationale Entscheidungen* vor und im Herbst 2015 nahm diese gerne ein Angebot der Arbeitsgruppe *Infektionsforschung* zur Zusammenarbeit an. Bei einem Treffen beider Arbeitsgruppen im Februar 2016 wurden Probleme der Entscheidungsfindung bei Infektionsausbrüchen besprochen. Es wurde thematisiert, dass zu Beginn eines Ausbruchs naturgemäß Erreger und/oder dessen Quelle unbekannt sind und erste Maßnahmen oft in die falsche Richtung gehen. Bei dieser Gelegenheit wurde der Film *Contagion* aus dem Jahr 2011 angesehen, der unter wissenschaftlicher Mitarbeit des amerikanischen *Center for Disease Control* das Entstehen einer Pandemie sowie auch die Reaktion der Öffentlichkeit eindrücklich darstellt. Kürzliche Epidemien wie die Ebolavirus-Infektion in Westafrika oder der EHEC-Ausbruch in Hamburg haben ebenfalls gezeigt, dass hier ein rationales Vorgehen anhand von neuen Algorithmen nötig ist. Hinzu kommen die oft panischen Reaktionen sowie die Erwartungshaltung der Öffentlichkeit und der Medien, die bei jedem Vorgehen berücksichtigt werden müssen.

In der Folge verständigten sich beide Arbeitsgruppen auf die Vorbereitung eines gemeinsam organisierten Symposiums der Akademie für das Jahr 2017 zur Gegenüberstellung von wissenschaftlicher *Entscheidungsforschung* (in Empirie, Modellierung und Theorieentwicklung) und zurzeit geübter *Entscheidungspraxis* (in Umgang mit Epidemien und bei anderer Gefährdung öffentlicher Sicherheit). Es sollte Ergebnissen der wissenschaftlichen Entscheidungsforschung in Mathematik, Philosophie, Psychologie und Verhaltensökonomik die Praxis erfahrener Entscheidungsträger in Human- und Veterinärmedizin sowie in der öffentlichen Verwaltung gegenüberstellen, und umgekehrt – jeweils bezogen allein auf rationale Entscheidungen unter Unsicherheit.

Unter dieser Zielvorstellung für das Symposium gewann die Akademie Gerd Gigerenzer (Psychologie), Arne Traulsen (Mathematik/Spieltheorie), Andreas Lange (Entscheidungstheorie/Verhaltensökonomik) und Till Grüne-Yanoff (Philosophie) für Hauptvorträge zur entscheidungstheoretischen Forschung, Thomas Mettenleiter (Präsident des Friedrich-Loeffler-Instituts, des Bundesforschungsinstituts für Tiergesundheit) und Andrea Ammon (Direktorin des *European Center for Disease Control* in Stockholm) für Hauptvorträge aus infektiologischer Entscheidungspraxis. Zur Entscheidungspraxis in öffentlicher Verwaltung wandte sich die Akademie mit der Bitte um Hauptvorträge an Klaus Maurer (ehem. Oberbranddirektor der Hamburger Berufsfeuerwehr) und Ralf Martin Meyer (Polizeipräsident der Freien und Hansestadt Hamburg), zwei auch international erfahrene Entscheidungsträger im Raum Hamburg. Einem in der Akademie bewährten Modell folgend, sollte die Diskussion jedes Hauptvortrags durch einen vorbereiteten Kommentar eines geladenen Kommentators eingeleitet werden. Die Akademiemitglieder Michael Brzoska, Edwin Kreuzer, Ansgar W. Lohse und Werner Solbach sowie Till Grüne-Yanoff, Michael Fehling, Markus Knauff und Dirk Langemann nahmen die Einladung als Kommentator eines Hauptvortrags an. Das Verzeichnis auf den Seiten XIII–XIV gibt nähere Informationen zu den Hauptvortragenden und Kommentatoren.

Das eineinhalbtägige Symposium fand am 27. und 28. November 2017 in Hamburg als öffentliche Veranstaltung der Akademie der Wissenschaften statt; die Kapitelfolge in diesem Band entspricht der Abfolge der Beiträge im Symposium. Für die Veröffentlichung des Symposiums waren die Vortragenden gebeten, ihre Manuskripte gemäß den Publikationsrichtlinien der Akademie und des Verlags auch formal etwas zu überarbeiten. Wir Herausgeber danken ihnen für die gute und flexible Zusammenarbeit bis zur Endredaktion des Bandes im Juni 2018 (zugleich Sachstand der Texte und Zitate).

Die Beiträge zu diesem Band lassen Breite und Diversität wissenschaftlicher Methoden und Befunde zu rationaler Entscheidungsfindung unter Unsicherheit erkennen und illustrieren beispielhaft den gewachsenen Erfahrungsstand im praktischen Umgang mit solchen Entscheidungen. Schon heute zeichnen sich dabei erfolgsgestützt anwendbare Ergebnisse ab, etwa in der Entwicklung von Heuristiken für Entscheidungen. Ein unter allen Umständen begehbarer Brückenschlag zwischen

Entscheidungsforschung und -praxis steht trotz allem aber noch aus: Großen Fortschritten in formaler Modellbildung und experimenteller Forschung zu menschlichem Entscheidungsverhalten können in der Praxis „Übersetzungslücken“ schon in elementaren Grundbegriffen gegenüberstehen. Kapitel 7 mag hier als Beispiel dienen, wenn der Begriff „Wahrscheinlichkeit“ im Kommentar aus rechtswissenschaftlicher Perspektive in deutlich anderer Bedeutung als in der Mathematik verwendet wird. Dies sieht man an den Kommentaren von Michael Fehling und Dirk Langemann. Die Mathematik fasst die Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis quantitativ auf. Eine solche Wahrscheinlichkeit ist eine Zahl zwischen 0 und 1, die in Anwendungen die relative Häufigkeit des auftretenden Ereignisses bei vielen Wiederholungen angibt. Ein anderes Verständnis von Wahrscheinlichkeit liegt vor, wenn man von einer qualitativen Deutung des Begriffes im Sinne von hoher oder an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeht.

Schon vor dem Symposium hatte Klaus Maurer, damals als Gastvortragender in der Arbeitsgruppe *Rationale Entscheidungen*, auf eine sich abzeichnende mögliche Konsequenz aus solchen „Übersetzungslücken“ hingewiesen: die nach seiner Erfahrung schwindende Entscheidungsbereitschaft mancher Führungskräfte im Ernstfall, wenn handlungsbezogene Maßstäbe einer Entscheidung mit Maßstäben in einem späteren Haftungsfall möglicherweise nicht zur Deckung zu bringen sind.

Es fällt weiter auf, dass das Konzept der Heuristik aus dem theoretischen Vortrag von Gerd Gigerenzer in den Beiträgen aus der Praxis nicht auftritt. Deutlich wird im Vortrag von Klaus Maurer ein Konzept des Nachsteuerens des Entscheidungsprozesses durch eine Art Rückkopplung. Dies kennt man aus der mathematischen Steuerungstheorie, die aber in dem Symposium nicht vertreten war. Eine Art des Steuerns tritt im Beitrag von Arne Traulsen auf, der Anreize für ein kooperatives Verhalten vorschlägt.

Das Symposium hat auch deutlich werden lassen, dass heute die Evaluation von erfahrungsgeleitet operationalisierten Heuristiken zur Entscheidungsfindung, in diesem Band ausführlich in Kapitel 1, 6 und 7 behandelt, als eine dringliche Aufgabe in der Grundlagenforschung zu rationalen Entscheidungen unter Unsicherheit gesehen werden sollte.

Dem Symposium und diesem Band ging eine längere Vorbereitung voraus. Wir danken dem Präsidenten der Akademie, Professor Edwin J. Kreuzer, Mitglied der Arbeitsgruppe *Rationale Entscheidungen*, für seine stete Unterstützung und Mitwirkung bei der Vorbereitung des Symposiums und dieses Bandes und Frau Dr. Elke Senne für die organisatorische Betreuung sowie, zusammen mit Dr. Florian Besthorn, für allen herausgeberischen Support. Frau Veronika Schopka danken wir für ihre Hilfe bei der Durchführung des Symposiums, Frau Monika Jampert für Sekretariatsunterstützung.

Hamburg, im August 2018

Bernhard Fleischer  
Reiner Lauterbach  
Kurt Pawlik



# Inhalt

Grußwort — **V**

Vorwort der Herausgeber — **VII**

Verzeichnis der Vortragenden — **XIII**

## Kapitel 1

*Gerd Gigerenzer*

Rationales Entscheiden unter Ungewissheit ≠ Rationales Entscheiden  
unter Risiko — **1**

Kommentar: *Markus Knauff*

Heuristiken ≠ immer gut und Logik ≠ immer schlecht — **15**

## Kapitel 2

*Thomas C. Mettenleiter* und *Elke Reinking*

BSE, Vogelgrippe und Co.: die Bekämpfung von Tierseuchen  
und Zoonosen in der öffentlichen Wahrnehmung — **23**

Kommentar: *Werner Solbach*

Wissen, was ist, um zu wissen, was kommt — **39**

## Kapitel 3

*Andrea Ammon*

Rapid Risk Assessments für akute Infektionsereignisse: Methoden und praktische  
Anwendung — **47**

Kommentar: *Ansgar W. Lohse*

Infektionsausbrüche: Grenzen und Defizite im Risikomanagement — **54**

## Kapitel 4

*Arne Traulsen*

Die Evolution und der Zusammenbruch von Kooperation:  
Wie Einzelne das Gemeinwohl gefährden können — **59**

Kommentar: *Dirk Langemann*

Eignen sich kooperative Spiele als Modelle für gesellschaftliche Interaktion? — **69**

## Kapitel 5

*Andreas Lange*

Unsicherheit und Lernen – Lektionen aus Entscheidungstheorie  
und Verhaltensökonomik — **75**

Kommentar: *Till Grüne-Yanoff*

Verhaltensökonomische Rationalität? — **89**

**Kapitel 6**

*Klaus Maurer*

Entscheidung in Unsicherheit – eine tägliche Herausforderung  
und Lösungsstrategien im Bereich der Feuerwehr — **95**

Kommentar: *Edwin Kreuzer*

Ein Ansatz für den Umgang mit Risiken und Unsicherheit  
in der Entscheidungspraxis — **107**

**Kapitel 7**

*Ralf Martin Meyer*

Führen und Entscheiden in polizeilichen Extremsituationen — **113**

Kommentar: *Michael Fehling*

Zur Bewertung von Entscheidungsfindungen — **124**

**Kapitel 8**

*Till Grüne-Yanoff*

Modell-Auswahl für Politik- und Verwaltungsentscheidungen am Beispiel  
der Pocken-Epidemiologie — **129**

Kommentar: *Michael Brzoska*

Modellierung zwischen „overfitting“ und „underfitting“ — **152**

Stichwortverzeichnis — **157**

# Verzeichnis der Vortragenden

## Kapitel 1

### **Prof. Dr. Gerd Gigerenzer**

Direktor Harding Zentrum für Risikokompetenz,  
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung  
Lentzeallee 94, 14195 Berlin  
E-Mail: [sekgigerenzer@mpib-berlin.mpg.de](mailto:sekgigerenzer@mpib-berlin.mpg.de)

### **Prof. Dr. Markus Knauff**

Justus-Liebig-Universität Gießen – Allgemeine  
Psychologie und Kognitionsforschung  
Otto-Behaghel-Straße 10, Haus F, 35394 Gießen  
E-Mail: [markus.knauff@psychol.uni-giessen.de](mailto:markus.knauff@psychol.uni-giessen.de)

## Kapitel 2

### **Prof. Dr. Dr. h. c. Thomas C. Mettenleiter**

Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungs-  
institut für Tiergesundheit  
Südufer 10, 17493 Greifswald – Insel Riems  
E-Mail: [ThomasC.Mettenleiter@fli.de](mailto:ThomasC.Mettenleiter@fli.de)

### **Prof. Dr. Werner Solbach**

Universität zu Lübeck, Zentrum für Infektions-  
und Entzündungsforschung  
Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck  
E-Mail: [werner.solbach@uni-luebeck.de](mailto:werner.solbach@uni-luebeck.de)

## Kapitel 3

### **Dr. Andrea Ammon**

European Centre for Disease Prevention and  
Control (ECDC)  
Granits Väg 8, 171 65 Solna, SWEDEN  
E-Mail: [andrea.ammon@ecdc.europa.eu](mailto:andrea.ammon@ecdc.europa.eu)

### **Prof. Dr. Ansgar W. Lohse**

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf,  
I. Medizinische Klinik und Poliklinik  
Martinistraße 52, 20246 Hamburg  
E-Mail: [alohse@uke.de](mailto:alohse@uke.de)

## Kapitel 4

### **Prof. Dr. Arne Traulsen**

Max-Planck-Institut für Evolutionsbiologie  
August-Thienemann-Straße 2, 24306 Plön  
E-Mail: [traulsen@evolbio.mpg.de](mailto:traulsen@evolbio.mpg.de)

### **Prof. Dr. Dirk Langemann**

Technische Universität Braunschweig, Institut  
Computational Mathematics, AG PDE  
Universitätsplatz 2, 38106 Braunschweig  
E-Mail: [d.langemann@tu-bs.de](mailto:d.langemann@tu-bs.de)

## Kapitel 5

### **Prof. Dr. Andreas Lange**

Universität Hamburg – Fachbereich Volkswirt-  
schaftslehre  
Von-Melle-Park 5, 20146 Hamburg  
E-Mail: [Andreas.Lange@wiso.uni-hamburg.de](mailto:Andreas.Lange@wiso.uni-hamburg.de)

### **Prof. Dr. Till Grüne-Yanoff**

KTH Royal Institute of Technology  
Brinellvägen 32, 100 44 Stockholm, SWEDEN  
E-Mail: [till.grune@abe.kth.se](mailto:till.grune@abe.kth.se)

## Kapitel 6

### **Oberbranddirektor i. R. Klaus Maurer**

Berufsfeuerwehr Hamburg  
Westphalensweg 1, 20099 Hamburg  
E-Mail: [Poststelle@feuerwehr.hamburg.de](mailto:Poststelle@feuerwehr.hamburg.de)

### **Prof. Dr. Edwin Kreuzer**

Akademie der Wissenschaften in Hamburg  
Edmund-Siemers-Allee 1 (Ost), 20146 Hamburg  
E-Mail: [praesident@awhamburg.de](mailto:praesident@awhamburg.de)

**Kapitel 7**

**Polizeipräsident Ralf Martin Meyer**

Bruno-Georges-Platz 1, 22297 Hamburg

E-Mail: pb@polizei.hamburg.de

**Prof. Dr. Michael Fehling**

Bucerius Law School

Jungiusstraße 6, 20355 Hamburg

E-Mail: michael.fehling@law-school.de

**Kapitel 8**

**Prof. Dr. Till Grüne-Yanoff**

KTH Royal Institute of Technology

Brinellvägen 32, 100 44 Stockholm, SWEDEN

E-Mail: till.grune@abe.kth.se

**Prof. Dr. Michael Brzoska**

Institut für Friedensforschung

und Sicherheitspolitik

Beim Schlump 83, 20144 Hamburg

E-Mail: brzoska@ifsh.de

Gerd Gigerenzer

# 1 Rationales Entscheiden unter Ungewissheit ≠ Rationales Entscheiden unter Risiko<sup>1</sup>

*Truth is ever to be found in simplicity,  
and not in the multiplicity and confusion of things.  
Isaac Newton*

**Zusammenfassung:** Eine Entscheidung unter Risiko bedeutet, dass alle möglichen Ereignisse und deren Wahrscheinlichkeiten bekannt sind – wie bei einer Lotterie. In dieser Situation ist Wahrscheinlichkeitsrechnung ausreichend für rationales Entscheiden. Bei einer Entscheidung unter Ungewissheit, also in Situationen, die instabil oder neu sind, oder die Zukunft nicht wie die Vergangenheit ist, braucht man mehr: intelligente Heuristiken. Eine Heuristik sucht nach einer einfachen statt einer komplizierten Lösung und verkörpert die Kunst, sich auf das Wesentliche zu konzentrieren und den Rest zu ignorieren. In diesem Kapitel gebe ich eine Einführung in die wissenschaftliche Analyse von Heuristiken und die Frage, unter welchen Bedingungen weniger Information und Berechnung zu besseren Entscheidungen führen können. Die systematische Untersuchung von Heuristiken trägt dazu bei, besser zu verstehen warum es oft rational ist, einen Teil der Information zu ignorieren um damit schneller und sicherer entscheiden zu können.

**Abstract:** Making decisions under risk means that all possible events and their probabilities are known—as in a lottery. In such situations rational decisions can be made by calculating the probabilities. Making decisions under uncertainty, that is, in instable or new situations where the future is not like the past, requires more, namely intelligent heuristics. A heuristic searches for a simple rather than complicated solution and embodies the art of concentrating on what is important and ignoring the rest. In this chapter I provide an introduction to the scientific analysis of heuristics and to the question of under what conditions less information and calculation can lead to better decisions. The systematic investigation of heuristics helps sheds light on why it is often rational to ignore part of the information in order to make rapid and reliable decisions.

Wie trifft man gute Entscheidungen? Wenn Sie ein Buch über rationales Entscheiden in der Ökonomie, in der Verhaltensökonomie, in der Psychologie oder Philosophie öffnen, dann werden Sie wahrscheinlich folgende Botschaft lesen: Rationale Ent-

---

<sup>1</sup> Editierte Transkription des aufgezeichneten Symposiumvortrages. Der Vortragssprechstil ist belassen worden.

scheidungen folgen den Gesetzen der Logik, dem Kalkulus der Wahrscheinlichkeitstheorie oder der Maximierung des erwarteten Nutzens. Heute ist die Gleichsetzung von rationalem Entscheiden mit diesen Prinzipien so stark wie nie zuvor.

Wahrscheinlichkeitstheorie ist eine schöne mathematische Theorie. Aber sie beschreibt nicht, wie die meisten von uns wichtige Entscheidungen treffen. Und auch nicht, wie jene Entscheidungen treffen, die diese Bücher schreiben, wie die folgende Geschichte illustriert: Ein Professor an der New Yorker Columbia University hatte einen Ruf von einer rivalisierenden Universität, es war Harvard, und er konnte sich nicht entscheiden – soll er gehen, soll er bleiben, soll er annehmen, soll er ablehnen? Ein Kollege nahm ihn beiseite und fragte, was denn sein Problem sei? „Maximiere doch ganz einfach den erwarteten Nutzen, das schreibst du doch immer in deinen Büchern.“ Erschöpft antwortete der Professor: „Hör auf damit, das ist jetzt ernst!“

Ich möchte Sie heute einführen in unsere Forschung am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung: in die Wissenschaft der Entscheidungen. Insbesondere möchte ich einen Unterschied herausarbeiten, und zwar den, der im Titel steht: Rationales Entscheiden unter Ungewissheit ist nicht das Gleiche wie rationales Entscheiden unter Risiko. Wenn wir es mit Ungewissheit zu tun haben – und ich werde das noch definieren –, dann sollten wir nach einfachen Lösungen suchen. Haben wir es jedoch mit einer Welt von berechenbaren Risiken zu tun, dann sollten wir paradoxerweise nach komplizierten Lösungen suchen. *Fine-tuning* lohnt sich, wenn die Welt stabil ist, nicht aber unter Ungewissheit.

Die Unterscheidung zwischen stabilen Situationen mit berechenbaren Risiken auf der einen Seite und Ungewissheit auf der anderen Seite wird meist dem Ökonomen Frank Knight [1] zugeschrieben, sie findet sich aber auch in ähnlicher Form bei John Maynard Keynes [2] und Herbert A. Simon [3]. Ich definiere Situationen mit berechenbarem Risiko als jene, wo wir alle Alternativen und Konsequenzen kennen sowie auch die Wahrscheinlichkeiten sicher wissen. Wenn Sie heute Abend ins Kasino gehen und Roulette spielen, dann befinden Sie sich in der Welt von berechenbaren Risiken. Da können Sie sich ausrechnen, wie viel Sie verlieren werden auf lange Sicht. Bei berechenbaren Risiken braucht man keine Heuristiken, keine Intuition, nur zu rechnen. Ein großer Teil der Entscheidungstheorie befasst sich ausschließlich mit diesen Situationen wie Lotterien und experimentellen Spielen, in denen alle Alternativen, Konsequenzen und Wahrscheinlichkeiten festgelegt sind.

Die Welt von berechenbaren Risiken ist relativ klein im Vergleich zu der Welt von Ungewissheiten. Der frühere Präsident der Bank von England, Mervyn King, sagte einmal, wenn die Banken im Kasino spielen würden, dann könnten wir das Risiko auch berechnen. Nur agieren die Banken in einer ungewissen Welt. In der Welt der Finanzen, der Gesundheit oder im Umgang mit Menschen gibt es verschiedene Arten von Ungewissheit. Man kann diese am besten daran erkennen, dass man die Zukunft nicht vorhersagen kann, da man alle Optionen und Konsequenzen nicht im Voraus wissen kann. Die meisten Probleme, mit denen wir konfrontiert sind, sind eine Mi-

schung aus Risiko und Ungewissheit: Einiges kann man berechnen, anderes bleibt ungewiss.

Jimmy Savage, der als Vater der modernen Bayesianischen Entscheidungstheorie bekannt ist, hat die Grenze zwischen Risiko und Ungewissheit mit zwei Beispielen markiert. Er sagte, es wäre *ridiculous*, seine Theorie außerhalb einer berechenbaren, bekannten Welt anzuwenden, und seine Beispiele für Ungewissheit waren „ein Picknick zu planen“ und „Schach“ [4]. Bei einem Picknick können unerwartete Dinge passieren, das heißt, dass die Menge aller Alternativen und Konsequenzen nicht vorhersehbar ist und man damit auch keine Wahrscheinlichkeitsverteilung angeben und den erwarteten Nutzen für jede Alternative bestimmen kann. Schach ist dagegen eine wohldefinierte Situation, in der alle Möglichkeiten bereits festgelegt sind und man auch weiß, dass eine optimale Zugfolge existiert. Nur kann kein Computer oder Schachgroßmeister diese bestimmen, da das Problem rechnerisch nicht bewältigt werden kann.

Dennoch beschränken sich viele Forscher auf die Analyse von Entscheidungen unter Risiko, und sie lassen Ungewissheit außen vor oder gehen sogar davon aus, dass alle Formen von Ungewissheit sich auf Risiko reduzieren lassen. Große Teile der Ökonomie und auch der Verhaltensökonomie definieren sich durch diese Einschränkung und wenden das bewährte methodische Instrumentarium von Savage gegen seinen Willen auf alle Probleme an.

Meine These ist dagegen, dass rationales Entscheiden unter Unsicherheit ein anderes methodisches Repertoire braucht als Entscheiden unter Risiko. Wahrscheinlichkeitstheorie und die Maximierung des erwarteten Nutzens reicht hier nicht aus. Wir brauchen andere Werkzeuge, welche mit Ungewissheit besser umgehen können: einfache, robuste Heuristiken. Da die meisten Situationen, wie bereits gesagt, eine Mischung von Risiko und Ungewissheit darstellen, braucht man am Ende beides: statistische und heuristische Methoden zur Entscheidung.

## 1 Bei Entscheidungen unter Unsicherheit gilt: Weniger kann mehr sein

Beginnen wir mit einem Beispiel [2]: In den öffentlichen Highschools in Chicago ist man über die steigenden Drop-out-Quoten besorgt. Man möchte wissen, wie man vorhersagen kann, welche von je zwei Schulen die höhere Drop-out-Quote haben wird. Zur Vorhersage sind die Werte auf 18 Variablen bekannt, wie die Klassengröße, der Anteil der Schüler afroamerikanischer und hispanischer Herkunft, das Einkommen der Lehrer und die Werte der Schüler auf standardisierten Tests. Die Frage ist, wie kann man mit diesen Variablen die beste Vorhersage treffen? Eine Standardmethode ist die multiple Regression. Wenn man diese auf den gesamten Datensatz anwendet und die sog. Beta-Gewichte fittet, dann kann man in 72% aller Fälle die Schule mit der höheren Drop-out-Quote korrekt bestimmen.

Nun kann man diese Frage auch einfacher angehen. Statt für jede der Variablen das Beta-Gewicht zu schätzen, kann man einheitliche Gewichte, also +1 oder -1, vergeben und dann einfach zählen, welche Schule die größere Summe hat. Diese Methode heißt im Englischen *Tallying* („Strichliste“) und ist eine Heuristik, da sie die Lösung des Problems vereinfacht. Wenn man *Tallying* anwendet, dann ist die Trefferquote 64 % statt 72 % bei multipler Regression [5]. Einfacher und daher weniger genau – das ist die übliche Interpretation von Heuristiken und soweit keine Überraschung.

Allerdings, wir haben bisher keine Vorhersagen getroffen, sondern die schon bekannten Daten „im Nachhinein erklärt“ – ein Prozess, den man als das *Fitten* von Parametern (wie Beta-Gewichte) bezeichnet. Vorhersage betrifft dagegen Daten, die noch nicht bekannt sind. Die einfachste Form heißt *Out-of-Sample*-Vorhersage, auch Kreuzvalidierung genannt. Hier werden die Daten zufällig in zwei Hälften geteilt, und Regression und *Tallying* lernen ihre Parameter (*Tallying* braucht nur das Vorzeichen der Variablen, plus oder minus, zu lernen) an der einen Hälfte und müssen dann die Daten in der anderen Hälfte vorhersagen. Um zufällige Schwankungen zwischen den zwei Stichproben (Hälften) auszugleichen, wurde die zufällige Aufteilung des Datensatzes 1.000 Mal wiederholt. Wie gut sind nun beide Methoden in der Vorhersage? Vorhersage ist schwieriger als *hind-sight* (Datenfitten), also wird die Genauigkeit sinken. Aber wie weit?

Die multiple Regression erreichte in der Vorhersage nur noch 54 % Trefferquote statt 72 % beim Datenfitten. Die *Tallying*-Heuristik erreichte 62 % statt vorher 64 %. Das heißt, *Tallying* schnitt in der Vorhersage besser ab als multiple Regression. Der Grund liegt darin, dass multiple Regression die Daten zu gut „gefittet“ hat, was man als *overfitting* bezeichnet, während *Tallying* relativ robust war. Unter Ungewissheit kann es also sein, dass man mit weniger Aufwand zu besseren Vorhersagen kommt: Weniger ist mehr.

Abb. 1.1 zeigt, dass dieser Fall keine Ausnahme ist. Hier sind insgesamt 20 Studien zusammengefasst, eine davon die Drop-out-Quoten-Studie. Die anderen befassen sich mit der Vorhersage von Variablen aus der Gesundheit, Psychologie, Ökonomie, Biologie und anderen Bereichen, und die Datensätze sind zum großen Teil aus Statistiklehrbüchern entnommen, wo sie als gute Beispiele für Regressionsmethoden eingeführt wurden. Die Anzahl der Alternativen (Objekte) variiert zwischen 11 und 395 und die Anzahl der Variablen (Attribute) zwischen 3 und 18. Der Wert „7,7“ bedeutet, dass multiple Regression im Schnitt 7,7 Variablen zur Vorhersage verwendete, gemittelt über die 20 Studien, während etwa Take-the-Best nur 2,4 Variablen benötigte.

Auf der linken Seite („Fitting“) erkennt man, dass über alle Studien gemittelt multiple Regression mit 77 % am besten abschneidet, genau wie in der Drop-out-Quoten-Studie. Wenn man sich aber die Vorhersagen ansieht, findet man wiederum den gleichen Abfall: Mit nur 68 % ist multiple Regression am schlechtesten. *Tallying* erreicht dagegen in der Vorhersage 69 %. Eine zweite Heuristik, Take-the-Best [6], erreicht sogar 72 % korrekte Vorhersagen. Take-the-Best beruht auf einer anderen Logik als *Tallying*: Statt die Gewichte aller Variablen zu vereinfachen, ordnet es die