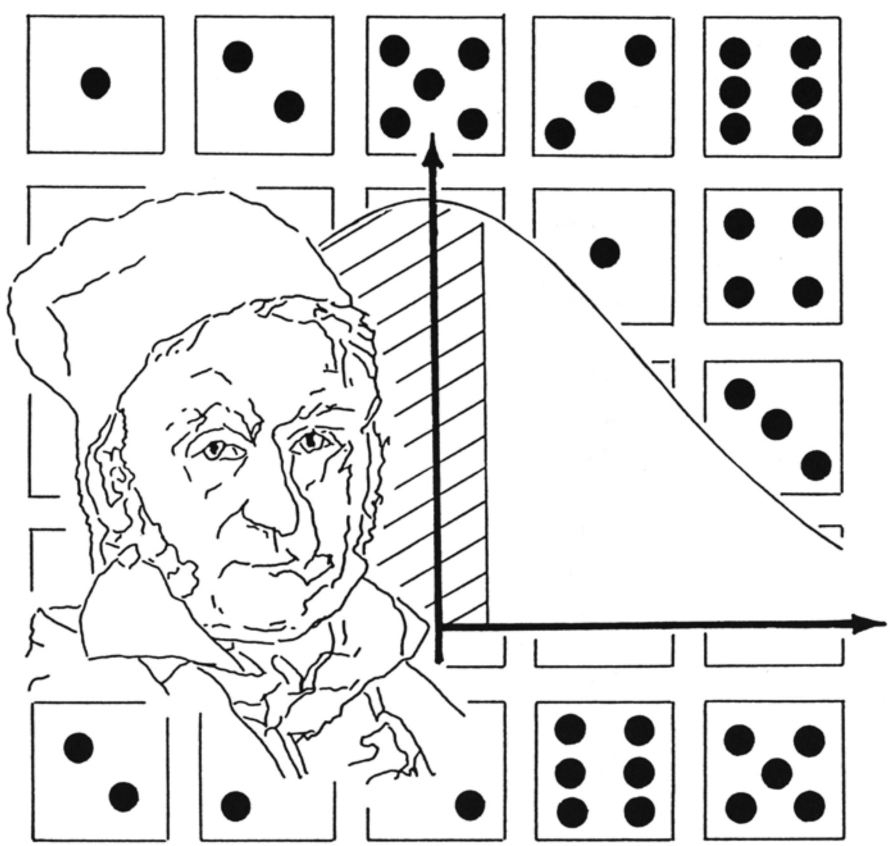
Ulrich Krengel

Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik



vieweg studium

Aufbaukurs Mathematik

Herausgegeben von Martin Aigner, Peter Gritzmann, Volker Mehrmann und Gisbert Wüstholz

Martin Aigner
Diskrete Mathematik

Walter Alt
Nichtlineare Optimierung

Albrecht Beutelspacher und Ute Rosenbaum
Projektive Geometrie

Gerd Fischer
Ebene algebraische Kurven

Wolfgang Fischer und Ingo Lieb
Funktionentheorie

Otto Forster
Analysis 3

Klaus Hulek
Elementare Algebraische Geometrie

Helmut Koch
Zahlentheorie

Ulrich Krengel
Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik

Wolfgang Kühnel
Differentialgeometrie

Ernst Kunz
Einführung in die algebraische Geometrie

Wolfgang Lück
Algebraische Topologie

Werner Lütkebohmert
Codierungstheorie

Reinhold Meise und Dietmar Vogt
Einführung in die Funktionsanalysis

Erich Ossa
Topologie

Jürgen Wolfart
Einführung in die Zahlentheorie und Algebra

Gisbert Wüstholz
Algebra

vieweg

Ulrich Krengel

Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik

8., erweiterte Auflage

vieweg

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Prof. Dr. Ulrich Krengel
Institut für Mathematische Stochastik
Universität Göttingen
Maschmühlenweg 8 – 10
37073 Göttingen

E-Mail: krengel@math.uni-goettingen.de

1. Auflage September 1988
2., verbesserte Auflage 1990
3., erweiterte Auflage 1991
4., erweiterte Auflage 1998
5., neubearbeitete und erweiterte Auflage 2000
6., verbesserte Auflage Februar 2002
7., überarbeitete Auflage August 2003
8., erweiterte Auflage Oktober 2005

Ursprünglich erschienen bei Friedr. Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2005

Lektorat: Ulrike Schmickler-Hirzebruch / Petra Rußkamp

www.vieweg.de

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

ISBN 978-3-8348-0063-3 ISBN 978-3-663-09885-0 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-09885-0

Vorwort

Stochastik ist die Mathematik des Zufalls. Sie ist von größter Bedeutung für die Berufspraxis der Mathematiker. An vielen Schulen hat sie ihren festen Platz gefunden.

Die beiden Hauptgebiete der Stochastik sind Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. In der Wahrscheinlichkeitstheorie untersucht man zufällige Prozesse mit festen als bekannt angenommenen steuernden Wahrscheinlichkeiten. Dies ist theoretisch und praktisch von eigenständigem Interesse. Darüber hinaus liefert die Wahrscheinlichkeitstheorie Grundlagen für die Statistik, in der aus beobachteten Daten Schlüsse über unbekannte Wahrscheinlichkeiten und über zweckmäßiges Verhalten gezogen werden sollen.

Stochastische Fragen treten in den unterschiedlichsten Problemkreisen auf. Hier einige Beispiele:

- Was sind gute Strategien bei Glücksspielen und anderen Entscheidungsprozessen unter Unsicherheit?
- Welche Wahrscheinlichkeitsaussagen lassen sich über das Wachstum von Populationen und über die Vererbung von Eigenschaften machen?
- Wie übermittelt man ökonomisch Nachrichten?
- Wie vergleicht man mit vorgegebener Sicherheit die Qualität von Heilmitteln oder Produktionsverfahren?
- Was lässt sich über die Genauigkeit von Messungen aussagen?

Dies sind Fragen, die sich nicht ohne Zusatzüberlegungen nur durch den Beweis mathematischer Sätze beantworten lassen. Ein wesentlicher Teil der Schwierigkeit besteht bereits darin, die passenden mathematischen Begriffe zu entwickeln, die es erlauben, diese „realen" Fragen angemessen mathematisch auszudrücken. Die für Berufspraxis und Schule gleichermaßen wichtige Umsetzung von realen Problemen in eine adäquate theoretische Form kann man wohl nirgends besser üben als in der Stochastik. Die Übungsaufgaben, die oft von der „eingekleideten" Art sind, sind dabei äußerst wichtig. Der Leser sollte so viele wie möglich lösen.

Ich habe versucht, ein wenig von der Faszination zu vermitteln, die Stochastik ausüben kann. Dies war mir wichtiger als eine möglichst vollständige Abhandlung der praktisch gebräuchlichen Verfahren. Ist das Interesse geweckt, kann ja der Leser weitere Literatur heranziehen. Immerhin wird aber ein gewisser Fundus der Methodenlehre vermittelt, und ich denke, dass der Leser, der hier die Grundideen verstanden hat, sich schnell in systematischere Darstellungen und Handbücher hineinfinden wird.

Das Buch wendet sich an Studenten der Mathematik, der Physik und der Informatik vom dritten Semester an. Es setzt nur Grundkenntnisse aus der Analysis und der linearen Algebra voraus. Nur in einigen späteren Abschnitten würde man eigentlich ein wenig Maßtheorie brauchen. Die Aussagen lassen sich aber auch ohne solche weiter gehenden Vorkenntnisse verstehen, wenn man bereit ist, auf einzelne Beweise (vor allem von Existenzsätzen) zu verzichten. Diese sind in vertiefenden Vorlesungen leicht nachzuholen.

Das Buch enthält mehr Stoff als man bei angemessenem Tempo in einer vierstündigen Vorlesung vermitteln kann. Dies gibt Wahlmöglichkeiten. Die relativ zahlreichen mit einem Stern versehenen Abschnitte, Sätze und Beispiele und die Anhänge können am leichtesten weggelassen werden. Jedenfalls werden sie später nicht unbedingt benötigt.

Allerdings sind darunter viele Rosinen, so dass vieles dafür spricht, lieber einen Teil des Kuchens nicht zu essen.

Vieles aus den ersten Paragraphen ist Schulstoff. Weil Anfänger mit der mathematischen Modellierung realer Experimente oft Schwierigkeiten haben, scheint mir eine ausführliche Darstellung nicht nur für die zukünftigen Lehrer sinnvoll.

Man kann im Prinzip den gesamten Statistikteil auf eine spätere Lehrveranstaltung verschieben, aber Mathematikstudenten mit anderen Studienschwerpunkten und Physikstudenten fehlt oft die Zeit, eine solche zu besuchen.

Wie bei Lehrbüchern üblich habe ich die Quellen in der Regel nicht genannt. Es gibt aber historische Hinweise und Hinweise zum Weiterlesen.

Ich möchte den vielen Mitarbeitern und Freunden herzlich danken, die bei der Entstehung dieses Buches geholfen haben. Petra Küster hat schon bei der Ausarbeitung des Skripts mitgewirkt, das als Grundlage diente. Aus Vorlesungsnotizen von Götz Kersting habe ich manche Anregung geschöpft. Erich Berger, Wolfgang Stadje, Götz Kersting, Uwe Rösler, Hans-Jürgen Döring, Ulrich Wacker, Catherine Pallenberg, Norbert Neumann, Herold Dehling und Heinrich Hering haben Teile des Manuskripts gelesen, und ihre Vorschläge haben zu wesentlichen Verbesserungen geführt. Michael Krawczak hat das schöne Titelbild beigetragen. Das Manuskript haben Frau Schrörs, Frau Zimmer, Frau Graupner, Frau Gieseking und Frau Steffen sehr einwandfrei getippt. Dem Vieweg-Verlag, insb. Frau Schmickler-Hirzebruch, danke ich für die gute Zusammenarbeit. Meiner Frau danke ich für ihr Verständnis dafür, dass ich oft selbst sonntags so schwer vom Schreibtisch wegzukriegen war.

Die fünfte Auflage enthält u.a. einen zusätzlichen Paragraphen über Laufzeitanalysen für rekursive Algorithmen. Ich danke Herrn Uwe Rösler und Herrn Ludger Rüschendorf für wertvolle Hinweise zu diesem aktuellen Thema. Der Abschnitt über nichtparametrische Tests wurde deutlich erweitert.

Herrn Erich Berger danke ich für die sorgfältige Herstellung der neuen Druckvorlage mit LATEX und für unzählige Verbesserungsvorschläge, die ich gerne aufgegriffen habe.

Ich widme dieses Buch meinem Lehrer Konrad Jacobs, der mein Interesse an Stochastik geweckt hat und dem ich viel verdanke.

Göttingen, im Oktober 1999. *Ulrich Krengel*

Zur achten Auflage

Die achte Auflage enthält erweiterte historische Anmerkungen.

Göttingen, im Juli 2005. *Ulrich Krengel*

Inhaltsverzeichnis