

Für Christian und Stephan

Vorwort

Die Ingenieurwissenschaften galten lange als Wissenschaften, in denen der Zufall keine Rolle spielt. Sie beschränkten sich auf mechanische Modelle, die deterministischer Natur sind. Heutzutage wird aber der Ingenieur mit vielfältigen zufälligen Phänomenen konfrontiert. So muss dadurch, dass immer genauer gemessen werden kann und immer kleinere Objekte untersucht werden – man denke an die Nanotechnologie –, der Ingenieur zufällige atomare Prozesse berücksichtigen. Daneben zeigen Unglücksfälle, wie der Radbruch beim ICE oder das Einstürzen eines Hallendaches bei Schnee, dass das Versagen des Materials sehr schwer mit deterministischen Modellen beschrieben werden kann. Es gibt dazu zu viele Einflussfaktoren, die zum einen nicht genau erfasst und zum anderen wie die Schneehöhe nicht genau vorhergesagt werden können. Weiterhin müssen immer mehr Ingenieure – und nicht nur die Wirtschaftsingenieure und Logistiker – Kundenwünsche berücksichtigen, die naturbedingt auch zufällig sind.

Dieses Buch bietet daher eine ausführliche Einführung in die Stochastik, d. h. in die Lehre, wie zufällige Phänomene beschrieben und analysiert werden können. Es behandelt die wesentlichen grundlegenden Methoden, die insbesondere im ingenieurwissenschaftlichen Bereich ihre Anwendung finden. Anhand von vielen Beispielen und realen Datensätzen aus den Ingenieurwissenschaften werden die Anwendungen der Methoden verdeutlicht. Damit die Beispiele nachvollzogen werden können, wird gleichzeitig eine Einführung in die frei verfügbare Statistik-Software R gegeben. So wird der Leser in die Lage versetzt, die erlernten Methoden auf eigene Datensätze anzuwenden.

Das Buch beginnt mit einer Darstellung von einigen konkreten Fragestellungen der Stochastik in den Ingenieurwissenschaften. Hier werden auch die wichtigsten, im Folgenden immer wieder benutzten Datensätze vorgestellt. Danach folgt im ersten Teil die beschreibende Statistik, in der es darum geht, Daten, die von Zufallsprozessen stammen, gut zu beschreiben. Nach einer kurzen Einführung in das Statistikprogrammpaket R werden verschiedene Datentypen erläutert und für diese jeweils grafische Darstellungsformen sowie die geläufigsten Kennzahlen für Lage und Streuung eingeführt. Der erste Teil schließt mit zweidimensionalen Daten, den bivariaten Daten, für die ebenfalls grafische Darstellungen und Zusammenhangsmaße eingeführt werden. Außerdem wird in den Abschnitten zur linearen und nichtlinearen Regression gezeigt, wie Geraden und andere Funktionen durch

die bivariaten Daten gelegt werden können. Bei allen Methoden wird vorgeführt, wie sie mit der Statistik-Software R durchgeführt werden können.

Der zweite Teil liefert die Grundlagen zur Beschreibung von zufälligen Phänomenen und behandelt somit die Wahrscheinlichkeitstheorie. Als erstes wird gezeigt, wie zufällige Phänomene mittels Zufallszahlen in R simuliert werden können. Nachfolgend wird das Verständnis von Zufallsgesetzmäßigkeiten mittels solcher Simulationen gewonnen. Um Zufallsgesetzmäßigkeiten adäquat beschreiben zu können, werden nach einer Einführung in die Mengentheorie Wahrscheinlichkeitsmaße und –räume sowie Zufallsvariablen definiert. Somit können verschiedenste Zufallsgesetzmäßigkeiten mittels Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschrieben und simuliert werden. Nach der Vorstellung mehrdimensionaler Wahrscheinlichkeitsverteilungen werden bedingte Wahrscheinlichkeiten und stochastische Unabhängigkeit definiert, wodurch der Zusammenhang zwischen verschiedenen zufälligen Prozessen erfasst wird. Analog zu den Kennzahlen von Daten werden anschließend Kennzahlen für Wahrscheinlichkeitsverteilungen wie Erwartungswert, Varianz, p -Quantil und Abhängigkeitsmaße vorgestellt. Ein Kapitel zur Zuverlässigkeitstheorie liefert einen Einblick in dieses für Ingenieure wichtige Themengebiet. Der zweite Teil schließt mit den Markovketten, die eine bedeutende Rolle in der Qualitätssicherung und der Simulation von Warteschlangen spielen.

Während bei der Wahrscheinlichkeitstheorie von einer gegebenen bekannten Zufallsgesetzmäßigkeit ausgegangen wird, ist in Anwendungen die Zufallsgesetzmäßigkeit in der Regel nicht bekannt. Daher muss mittels Beobachtungen (Daten) die Zufallsgesetzmäßigkeit bestimmt werden. Das ist die Aufgabe der Schließenden Statistik, die in Teil III behandelt wird. Dabei können zum einen Aspekte (Parameter) der unbekannten Zufallsverteilung geschätzt werden und zum anderen können Hypothesen darüber überprüft (getestet) werden. Nach einem Kapitel zu Punktschätzungen folgen verschiedene statistische Hypothesentests, wobei hier sowohl auf die Situation normalverteilter Daten als auch nicht-normalverteilter Daten eingegangen wird. Die Teststatistiken und Entscheidungen werden hergeleitet und es werden einfache Prinzipien zur Wahl des Stichprobenumfangs vorgestellt. Weiterhin werden Äquivalenz- und Relevanztests behandelt und deren Anwendung zur Sicherung der Six Sigma Qualität aufgezeigt. Es folgt ein Kapitel zur Bestimmung von Konfidenzintervallen. Das Buch schließt mit Anwendungen der statistischen Methoden in der Qualitätssicherung. Hier werden insbesondere die Lebenszeitanalyse, die Fertigungsüberwachung und die Annahmeprüfung kurz beschrieben.

Am Ende jedes Kapitels finden sich Übungsaufgaben, mit deren Hilfe die Verfahren geübt werden können. Die Lösungen zu den Aufgaben, alle in den Aufgaben und im Buch benutzten Datensätze und spezielle R-Programme werden auf <https://www.statistik.tu-dortmund.de/stochingbuch.html> bereitgestellt.

Das Buch ist die Erweiterung eines Skripts zu einer zweistündigen Vorlesung „Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik für Ingenieurwissenschaftler“, die jährlich an der Technischen Universität Dortmund gehalten wird. Die mit * versehenen Kapitel wurden in dieser Vorlesung nicht behandelt, sind aber von besonderer Bedeutung für die Ingenieurwissenschaftler. Das Buch eignet sich damit als vorlesungsbegleitendes Material aber

auch zum Selbststudium oder als Nachschlagewerk. Auf mathematische Beweise wird weitestgehend verzichtet und auf weiterführende Literatur verwiesen. Auch wenn nicht alle Themen bis in die Tiefe behandelt werden können, so bietet der Text eine gute Grundlage mit Hinweisen auf weitere Literaturquellen.

Das Skript zu der zweistündigen Vorlesung „Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik für Ingenieurwissenschaftler“ basierte ursprünglich auf einem Skript „Statistik für Psychologen“, das die Erstautorin im Jahr 2000 von ihrem ehemaligen Oldenburger Kollegen Erhard Cramer übernommen und weiterentwickelt hatte. Sie war und ist Erhard Cramer für die Zurverfügungstellung seines Skriptes äußerst dankbar und möchte hiermit ihren besonderen Dank an ihn ausdrücken. Weiterhin sind wir unseren ehemaligen Kasseler Kollegen Michael Schmidt und Susanne Fröhlich sehr dankbar, dass sie uns ihren Datensatz zu dem Ringversuch zur Druckfestigkeit eines in Kassel hergestellten Betons gaben. Außerdem bedanken wir uns bei Tanja Rausch, Rabea Aschenbruck, Annette Keusch, Gerrit Toenges, Ole-Kristian Wirtz für das Korrekturlesen des Textes. Schließlich wollen wir unseren Ehemännern Christian Müller und Stephan Schreiber danken, dass sie uns bei all unseren wissenschaftlichen Aktivitäten so unterstützt haben.

Dortmund, April 2013

Christine Müller und Liesa Denecke

Stochastik in den Ingenieurwissenschaften

Eine Einführung mit R

Müller, C.; Denecke, L.

2013, XVI, 273 S. 91 Abb., 12 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-642-38959-7