

Klaus-Dieter Thies

Theoretische Fundamente informationstechnischer Systeme

- Elementare Wahrscheinlichkeitsrechnung mit Leistungsanalyse von Computernetzwerken,
- Stochastische Prozesse mit Warteschlangentheorie,
- Informationstheorie und zyklischer Redundanzcode,
- Elementare Statistische Systemtheorie und
- Laplace-Transformation

Berichte aus der Informationstechnik

Klaus-Dieter Thies

**Theoretische Fundamente
informationstechnischer Systeme**

Elementare Wahrscheinlichkeitsrechnung mit Leistungsanalyse
von Computernetzwerken, Stochastische Prozesse mit
Warteschlangentheorie, Informationstheorie und zyklischer
Redundanzcode, Elementare Statistische Systemtheorie und
Laplace-Transformation

Shaker Verlag
Düren 2020

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Copyright Shaker Verlag 2020

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-7581-6

ISSN 1610-9406

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Die vordergründige Motivation für das erste Kapitel dieses Buches ist die Leistungsmerkmale von Computer-Netzwerken im Allgemeinen und am Beispiel des klassischen Ethernet mit seiner CSMA/CD-Zugriffsmethode (Carrier Sense Multiple Access with Collisions Detection) im Speziellen wahrscheinlichkeits-theoretisch zugänglich zu machen. Dies liegt insofern auf der Hand, da sich das klassische Ethernet als ein Verbundsystem unabhängiger Computer präsentiert, die zufällig mit gewissen Wahrscheinlichkeiten den Übertragungskanal anfordern. So ist es ein ideales Modell dafür, die Verteilung dieser Anforderungen in seinen verschiedenen Formen zu entwickeln und darzustellen. Dazu gehören die Binomialverteilung, die geometrische Verteilung, die Poisson-Verteilung und die Normalverteilung einschließlich ihrer Erwartungswerte, Varianzen und Streuungen. In diesem Zusammenhang werden neben den ein- und mehrdimensionalen diskreten Zufallsvariablen auch die stetigen Zufallsvariablen untersucht.

Aufbauend auf den Erkenntnissen der Wahrscheinlichkeitsrechnung schließt sich eine elementare Einführung in die Informationstheorie an. Der Informationsgehalt, die Entropie, abhängige und unabhängige Verbundquellen, zeitkontinuierliche Zufallssignale und deren Verteilungen sind die wesentlichen Bestandteile.

Es folgt eine elementare Einführung in die stochastischen Prozesse. Hier werden die Grundlagen der Warteschlangentheorie behandelt. Dazu gehören die Markov-Ketten mit diskreter Zeit, der Poisson-Prozess, die Exponentialverteilung als Grenzwert der geometrischen Verteilung, der Markov-Prozess mit kontinuierlicher Zeit als Approximation der diskreten Markov-Kette und der Birth and Death-Prozess.

Weil Warteschlangen die essentiellen Datenstrukturen in der Computer-Kommunikation sind, folgt eine wahrscheinlichkeitstheoretische Bearbeitung der Single-Server- und der Multi-Server-Warteschlangensysteme mit unbegrenzten und begrenzten Warteräumen.

Da es in der Computer-Kommunikation oft vorkommt, dass Störungen auf dem Übertragungskanal die ausgesendeten Zeichen beschädigen, wird anschließend gezeigt, wie falsch ankommende Zeichen entweder von Hardware oder von Software aufgespürt werden können. Als Methode wird der in der Praxis bevorzugte Polynomcode vorgestellt, der auf der modulo 2 Arithmetik basiert und der als zyklischer Redundanzcode (crc) bekannt ist.

Das letzte Kapitel behandelt die Eigenschaften der Autokorrelation stationärer und auch periodischer Zufallssignale. Weitere Themen sind weißes und bandbegrenzt weißes Rauschen, der Dirac-Impuls und seine Ausblendeigenschaft, die spektrale Leistungsdichte als Fourier-Transformierte der Autokorrelationsfunktion. Gezeigt werden zudem das Faltungsintegral bzw. Duhamel-Integral, der Zusammenhang zwischen Sprungantwort, Impulsantwort und Übertragungsfunktion und daran anschließend die Reaktionen am Ausgang der Systeme (Systemreaktionen) wie Mittelwert, Autokorrelationsfunktion und spektrale Leistungsdichte. Eine ausführliche Abhandlung zum grundständigen Wesen der Kreuzkorrelationsfunktion und der spektralen Kreuzleistungsdichte rundet das Thema ab.

Das Kapitel endet mit einer umfänglichen Behandlung der Laplace-Transformation. Dieser Abschnitt beginnt mit der Analyse des Konvergenzbereichs der Laplace-Transformation und der Herleitung einfacher Bildfunktionen. Die Laplace-Transformation ist vor allem zur Berechnung von Systemreaktionen und zur einfacheren Lösung von Differential- und Integralgleichungen im Einsatz. Dabei stellt die Rücktransformation vom Bildbereich in den zeitlichen Originalbereich den schwierigsten Teil bei der Lösung mit der Laplace-Transformation dar. Hierfür wird als wichtigste Methode der Rücktransformation die Partialbruchzerlegung von echt gebrochenen rationalen Funktionen mit einfachen und mehrfachen Nullstellen (Polstellen) behandelt. Hierfür werden einige Ableitungssätze vorgestellt. Der Abschnitt endet mit den Lösungen von Differentialgleichungen 1ter, 2ter und n-ter Ordnung. Es ist ein Anliegen des Buches, die Dinge so plausibel wie möglich darzustellen.