

Informatik-Fachberichte

Herausgegeben von W. Brauer
im Auftrag der Gesellschaft für Informatik (GI)

55

Wolfgang Kowalk

Verkehrsanalyse in endlichen Zeiträumen

Grundlagen und Erweiterungen der
Operationalen Analyse



Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York 1982

Autor

Wolfgang Kowalk

FB Informatik der Universität Hamburg

Rothenbaumchaussee 67/69, 2000 Hamburg 13

CR Subject Classifications (1980): 1.1, 2.44, 3.72, 4.35, 4.6, 5.11, 5.5, 8.1

ISBN-13: 978-3-540-11561-8 e-ISBN-13: 978-3-642-68599-6

DOI: 10.1007/978-3-642-68599-6

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned, specifically those of translation, reprinting, re-use of illustrations, broadcasting, reproduction by photocopying machine or similar means, and storage in data banks. Further, storage or utilization of the described programmes on data processing installations is forbidden without the written permission of the author. Under § 54 of the German Copyright Law where copies are made for other than private use, a fee is payable to "Verwertungsgesellschaft Wort", Munich.

© by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1982

ZUSAMMENFASSUNG

Die operationale Analyse wurde 1976 von Buzen /Buzen76/ eingeführt. Sie untersucht allgemein, wie in endlichen Zeiten an realen Wartesystemen gemessene Größen zueinander in Beziehung gesetzt werden können. Dazu ist es notwendig, ein endliches Modell solcher Wartesysteme einzuführen.

In dieser Arbeit wird solch ein endliches mathematisches Modell definiert und analysiert. Dazu wird zunächst allgemein untersucht, wie Systeme zu modellieren sind (Kapitel 1), und es werden in dieser Arbeit benötigte mathematische Objekte definiert und untersucht (Kapitel 2). Da bei der Analyse des dynamischen Verhaltens von Systemen in endlichen Zeiträumen Abweichungen zwischen Modellgrößen auftreten, wird eine Rechenmethode mit solchen Modellierungsfehlern eingeführt (Angleichungsrechnung, Kapitel 3) und gezeigt, wie sich mit dieser Begriffsbildung wichtige Konzepte aus der Theorie der stochastischen Prozesse (Gleichgewicht, Unabhängigkeit, Repräsentativität) formulieren lassen (Kapitel 4).

Es wird gezeigt, dass mit dieser Modellbildung sowohl die Ergebnisse der operationalen Analyse herleitbar sind (Kapitel 5), als auch andere Ergebnisse, die bislang nur mit der stochastischen Analyse beweisbar waren (Kapitel 6,7). Ausserdem wird eine neue Formel für die mittlere Last hergeleitet (Abschnitt 6.2).

Da weder die stochastische noch die operationale Analyse Aussagen machen kann über auftretende Modellierungsfehler, werden die Abweichungen, die sich nach der Angleichungsrechnung ergeben, durch Simulation überprüft und gezeigt, dass Fehler in den Eingangsvoraussetzungen zum Teil einen verschwindend kleinen, zum Teil aber auch einen überproportional grossen Fehler in den Ergebnissen verursachen können (Kapitel 8).

Das vorliegende Buch ist die überarbeitete Fassung meiner Dissertation, die am 18. 12. 1981 am Fachbereich Informatik der Universität Hamburg abgeschlossen wurde. Betreuer war Herr Prof. Dr. E. Jessen, Zweitgutachter Herr Prof. Dr. R. Valk.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

| | |
|---|-----|
| 1.0 Einleitung. | 1 |
| 1.1 Aufgabe der Verkehrsanalyanalyse in Rechensystemen. | 1 |
| 1.2 Techniken der Verkehrsanalyse. | 2 |
| 1.3 Zur Analysetechnik in dieser Arbeit. | 4 |
| 1.4 Modellbildung. | 5 |
| 1.5 Ein analytisches Modell für Wartesysteme. | 10 |
| 1.6 Überblick. | 11 |
| 2.0 Funktionen zur Modellierung von Systemen. | 13 |
| 2.1 Zeit-, Zähl- und Kumulationsgrößen. | 13 |
| 2.2 Mittelwertbildung. | 15 |
| 2.3 Momente höherer Ordnung und Varianz. | 19 |
| 3.0 Angleichungen. | 23 |
| 3.1 Definition der d -Genauigkeit. | 23 |
| 3.2 Eigenschaften der Angleichungen mit d -Genauigkeit. | 31 |
| 3.3 Ermittlung der d -Genauigkeit. | 42 |
| 3.4 Unabhängigkeit, Repräsentativität und Homogenität. | 51 |
| 3.5 Angleichungsarithmetik. | 56 |
| 3.6 Fehlerfortpflanzung. | 58 |
| 3.7 Fehlerfortpflanzungsrechnung mit Angleichungen. | 61 |
| 3.8 Anwendungen der Angleichungen. | 70 |
| 4.0 Einfache Wartesysteme. | 75 |
| 4.1 Auftragsgleichgewicht. | 75 |
| 4.2 Last- und Flussgleichgewicht. | 79 |
| 4.3 Zwischenankunftszeiten. | 84 |
| 4.4 Das Restzeitparadoxon. | 89 |
| 4.5 Unabhängigkeit der Zugangszeiten. | 94 |
| 5.0 Beziehungen zwischen Größen in Wartesystemen. | 96 |
| 5.1 Das Gesetz von Little. | 96 |
| 5.2 Eine allgemeine Beziehung zwischen Mittelwerten. | 102 |
| 5.3 Klasseneinteilung der Aufträge. | 104 |
| 5.4 Häufigere Besuche. | 107 |
| 5.5 Durchsatzgesetz (Buzen). | 109 |
| 5.6 Antwortzeitgesetz (Buzen). | 111 |
| 6.0 Beziehungen zwischen höheren Momenten. | 115 |
| 6.1 Mittelwert der Restbedienzeit eines Auftrags. | 115 |
| 6.2 Mittelwert der Last. | 119 |
| 6.3 Mittlere Wartezeit bei Poisson-Zugangsprozess. | 124 |
| 6.4 Eine allgemeine Formel für die mittlere Wartezeit. | 130 |

| | |
|--|-----|
| 7.0 Erhaltungssätze. | 142 |
| 7.1 Ein allgemeiner Erhaltungssatz. | 142 |
| 7.2 Klasseneinteilung nach der Bedienzeit. | 146 |
| 7.3 Allgemeine Klasseneinteilung. | 150 |
| 8.0 Simulationen. | 154 |
| 8.1 Der Simulator. | 154 |
| 8.2 Allgemeine Simulationsergebnisse. | 156 |
| 8.3 Überprüfung der P-K-Formel. | 158 |
| 8.4 Simulationsergebnisse zu den Erhaltungssätzen. | 162 |
| 9.0 Schlussbemerkungen. | 165 |
| 9.1 Das Modell. | 165 |
| 9.2 Die Ergebnisse dieser Arbeit. | 167 |
| 9.3 Weitere Forschungsmöglichkeiten. | 168 |
| 9.4 Danksagung. | 169 |
| 10.0 Notation. | 170 |
| 10.1 Mathematische Zeichen. | 170 |
| 10.2 Bezeichner fuer Grössen. | 170 |
| 11.0 Wichtige Formeln. | 173 |
| 12.0 Literatur. | 175 |
| 13.0 Register. | 177 |