

Leitfäden der Informatik

**Vollmar/Worsch
Modelle der
Parallelverarbeitung**

Leitfäden der Informatik

Herausgegeben von

Prof. Dr. Hans-Jürgen Appelrath, Oldenburg

Prof. Dr. Volker Claus, Stuttgart

Prof. Dr. Günter Hotz, Saarbrücken

Prof. Dr. Lutz Richter, Zürich

Prof. Dr. Wolffried Stucky, Karlsruhe

Prof. Dr. Klaus Waldschmidt, Frankfurt

Die Leitfäden der Informatik behandeln

- Themen aus der Theoretischen, Praktischen und Technischen Informatik entsprechend dem aktuellen Stand der Wissenschaft in einer systematischen und fundierten Darstellung des jeweiligen Gebietes.
- Methoden und Ergebnisse der Informatik, aufgearbeitet und dargestellt aus Sicht der Anwendungen in einer für Anwender verständlichen, exakten und präzisen Form.

Die Bände der Reihe wenden sich zum einen als Grundlage und Ergänzung zu Vorlesungen der Informatik an Studierende und Lehrende in Informatik-Studiengängen an Hochschulen, zum anderen an „Praktiker“, die sich einen Überblick über die Anwendungen der Informatik(-Methoden) verschaffen wollen; sie dienen aber auch in Wirtschaft, Industrie und Verwaltung tätigen Informatikern und Informatikerinnen zur Fortbildung in praxisrelevanten Fragestellungen ihres Faches.

Modelle der Parallelverarbeitung

Eine Einführung

Von Prof. Dr.-Ing. Roland Vollmar
und Dr. rer. nat. Thomas Worsch
Universität Karlsruhe

Mit 68 Abbildungen und 5 Tabellen



B. G. Teubner Stuttgart 1995

Prof. Dr.-Ing. Roland Vollmar

Geboren 1939 in Braubach/Rh. Studium der Mathematik an den Universitäten Heidelberg und Saarbrücken. 1964 Diplom. Von 1965 bis 1969 und von 1972 bis 1974 Mitarbeiter an Informatik-Instituten der TU Hannover und der Universität Erlangen-Nürnberg; dort 1968 Promotion zum Dr.-Ing. Von 1970 bis 1971 Buderus'sche Eisenwerke Wetzlar. Von 1974 bis 1989 Lehrstuhl für Theoretische Informatik der TU Braunschweig. Seit 1989 Inhaber des Lehrstuhles Informatik für Ingenieure und Naturwissenschaftler der Universität Karlsruhe (TH).

Dr. rer. nat. Thomas Worsch

Geboren 1958 in Selb. Von 1978 bis 1985 Studium der Informatik an der Universität Erlangen-Nürnberg und an der TU Braunschweig. 1985 bis 1989 wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl für Theoretische Informatik der TU Braunschweig. Seit 1989 wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl Informatik für Ingenieure und Naturwissenschaftler der Universität Karlsruhe (TH). 1990 Promotion. 1993 kommissarische Wahrnehmung einer Professur für Informatik an der Universität Gießen.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Vollmar, Roland:

Modelle der Parallelverarbeitung : eine Einführung
von Roland Vollmar und Thomas Worsch. –
Stuttgart : Teubner, 1995
(Leitfäden der Informatik)

ISBN-13: 978-3-519-02138-4 e-ISBN-13: 978-3-322-86772-8
DOI: 10.1007/978-3-322-86772-8

NE: Worsch, Thomas:

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© B. G. Teubner Stuttgart 1995

Gesamtherstellung: Zehnersche Buchdruckerei GmbH, Speyer

Vorwort

Motivationen für das Verfassen von Büchern gibt es zweifellos viele. Wodurch aber wird die Wahl eines Themas bestimmt? Kenntnisse und Vorlieben spielen sicherlich eine Rolle, aber es muß doch noch die Überzeugung hinzukommen, daß das behandelte Gebiet nicht nur für die Autoren von Bedeutung sei. Und so geht es uns mit „Parallelverarbeitung“. Einzelne Gründe dafür sind im Buch aufgeführt, kurz gesagt glauben wir, daß sich eine Begegnung mit ihr nicht vermeiden läßt und daß darüberhinaus zumindest einige ihrer Prinzipien genügend Interesse beanspruchen dürfen.

Daher haben wir eine Einführung verfaßt, die zu einem Einstieg in dieses Gebiet verhelfen soll. Unter dem Aspekt des Erkennens gewisser (einfacher) Musterklassen werden im ersten Teil verschiedene Modelle von Automaten, die unterschiedliche Modi der Parallelverarbeitung repräsentieren, eingeführt, und sie werden mit dem „Referenzmodell“ der (sequentiellen) Turingmaschine sowie teilweise untereinander verglichen. Im zweiten Teil wird dargestellt, welche Bezüge diese Modelle zu Rechnerarchitekturen besitzen.

Da es uns darauf ankam, die Konzepte herauszuarbeiten, werden ein Teil des Stoffes informell vorgestellt und „technisch aufwendige“ Beweise oft nur skizziert. Personen mit Grundkenntnissen aus den Bereichen Formale Sprachen, Komplexitätstheorie und Rechnerarchitektur, wie sie üblicherweise zum Ende des Informatik-Grundstudiums zu erwarten sind, sollte die Lektüre keine Schwierigkeiten bereiten.

Dieses Buch entstand aus Vorlesungen, die die Autoren an den Universitäten Braunschweig, Karlsruhe und Gießen gehalten haben. Viele Kollegen und Studierende haben uns Hinweise auf Unzulänglichkeiten und Inkorrektheiten und Verbesserungsvorschläge dafür zukommen lassen. Namentlich sei an dieser Stelle Rainer Barton, Jozef Gruska, Ernst Heinz, Birgit Klein, Arnold Klinger, Matthias Nolle, Michael Philippsen, Markus Roggenbach, Heinrich Rust, Peter Sanders, Michael Schubert, Alexander Siebert und Rainer Trier ganz herzlich für ihre zum Teil außerordentlich große Mühe und Sorgfalt gedankt. Es versteht sich von selbst, daß für die verbliebenen Ungenauigkeiten und Fehler die Autoren verantwortlich sind.

Grundsätzlich sind Warenzeichen nicht explizit angegeben; es sei deshalb ausdrücklich darauf hingewiesen, daß zahlreiche Produkte einem entsprechenden Schutz unterliegen.

Dieser Text wurde mit \LaTeX gesetzt. Die Bilder wurden mit Hilfe der Makropakete `texdraw` von Peter Kabal und vor allem `pstricks` von Timothy van Zandt erstellt.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
Teil I: Modelle	4
1 Turingmaschinen	5
1.1 O-Turingmaschinen: ohne separates Eingabeband	6
1.2 E-Turingmaschinen: mit separatem Eingabeband	19
1.3 Vergleich von Ein-Kopf- und Mehr-Kopf-O-Turingmaschinen	23
2 Zellularräume	25
2.1 Die Arbeitsweise von Zellularräumen	25
2.2 Spracherkennung mit Zellularräumen und ihre Komplexität	30
2.3 Zusammenhang zwischen Zellularräumen und Turingmaschinen	35
2.4 Das FSSP – ein Synchronisationsproblem für Zellularräume	39
2.5 Mustererkennung und -manipulation in zweidimensionalen Zellularräumen	45
3 Systeme von Turing-Automaten	53
3.1 Aufbau und Arbeitsweise von Systemen von Turing-Automaten	53
3.2 Die Erkennung formaler Sprachen und ihre Komplexität	55
3.3 Vergleich von Systemen von Turing-Automaten mit anderen Modellen	60
3.4 Das Synchronisationsproblem für Systeme von Turing-Automaten	62
4 Parallele Registermaschinen	65
4.1 Sequentielle Registermaschinen	65
4.2 Parallele CREW-Registermaschinen	67

4.3	Nichtdeterministische „listenverarbeitende“ parallele Registermaschinen	80
4.4	Ein kurzer Ausblick	87
5	Uniforme Schaltkreisfamilien	90
5.1	Grundlegende Definitionen und Beispiele	90
5.2	Uniformität von Schaltkreisfamilien	96
5.3	Beziehung zu Mehr-Kopf-Turingmaschinen	98
6	Pipelineverarbeitung in Trellis- und Zellularautomaten	109
6.1	Systolische Trellisautomaten	110
6.2	Pipelineverarbeitung in zellularen Automaten	121
7	Maschinenklassen, Berechnungshypothesen, Realisierbarkeit	145
7.1	Maschinenklassen	145
7.2	Parallele Berechnungshypothesen	148
7.3	Physikalisch realisierbare Modelle	149
Teil II: Maschinen		153
8	SIMD-Rechner	154
8.1	Ein Blick in die frühe Geschichte	154
8.2	Die ILLIAC IV	159
8.3	DAP	160
8.4	Die Connection Machine CM-2	163
8.5	Die MasPar MP-1	168
9	MIMD-Rechner	172
9.1	Allgemeines zu MIMD-Rechnern	173
9.2	Speicherkopplung	175
9.3	Nachrichtenkopplung	180

10 Pipelinerechner	190
10.1 Prinzipielle Bemerkungen zum Pipelining	190
10.2 Cray-1	192
A Einige allgemeine Definitionen und Schreibweisen	197
B Literaturverzeichnis	200
C Stichwortverzeichnis	206