

# Informatik-Fachberichte

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

63

---

Heinz Bender

Korrekte Zugriffe  
zu Verteilten Daten

---



Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York Tokyo 1983

**Autor**

Heinz Bender  
Institut für Informatik III der Universität Karlsruhe  
Postfach 6380, 7500 Karlsruhe 1

CR Subject Classifications (1982): C.2.4, D.4.1, D.4.3, H.2.4

ISBN-13:978-3-540-12282-1 e-ISBN-13:978-3-642-69022-8

DOI: 10.1007/978-3-642-69022-8

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek  
Bender, Heinz: Korrekte Zugriffe zu verteilten Daten / Heinz Bender. –  
Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1983.  
(Informatik-Fachberichte; 63)  
ISBN-13: 978-3-540-12282-1

NE: GT

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 1983

## Vorwort

Eine unabdingbare Voraussetzung für den Betrieb universeller verteilter DV-Systeme ist eine dezentral durchgeführte Zugriffssynchronisation. Diese muß für global konkurrierende Zugriffe zu verteilten Daten das Korrektheitskriterium der Serialisierbarkeit garantieren. Es gibt zwar eine weitgehend ausgereifte Theorie für die Serialisierbarkeit und teilweise auch für die (zentrale) Zugriffssynchronisation, aber eine Theorie zur dezentralen Verwaltung steht noch aus.

Das Kernproblem ist, daß es keinen global einheitlich beobachtbaren Systemzustand eines verteilten Systems gibt und daß trotzdem global gültige Entscheidungen zu treffen sind. In der vorliegenden Arbeit wird nun ein neuer, systematischer Ansatz vorgestellt, der dieses Problem für die Zugriffssynchronisation löst und der stets nur eine räumlich und zeitlich exakt begrenzte Kooperation verteilter Verwaltungsinstanzen erfordert. Zwei neue darauf aufbauende Verfahren zur dezentralen Zugriffssynchronisation werden beschrieben. Ihre Korrektheit wird formal nachgewiesen. Das erste der neuen Verfahren wurde auch experimentell untersucht, sodaß hierfür quantitative Leistungsaussagen gemacht werden können.

Der vorliegende Band entspricht meiner von der Fakultät für Informatik der Universität Karlsruhe genehmigten Dissertation. Die mündliche Prüfung fand am 3.11.1982 statt.

Mehreren Mitgliedern der Fakultät für Informatik habe ich für ihren Beitrag zum Gelingen dieser Arbeit zu danken: Herrn Prof. Dr. H. Wettstein für wichtige Diskussionsbeiträge und für die Übernahme des Erstreferats, Herrn Prof. Dr. G. Krüger für die Übernahme des Korreferats und Herrn Heinz Zoller für seine Unterstützung bei der Durchführung der Experimente.

Herzlicher Dank gebührt auch meiner Ehefrau Inge für ihre Geduld und Unterstützung während der Anfertigung dieser Arbeit.

Karlsruhe, im Februar 1983

Heinz Bender

# Inhaltsverzeichnis

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	1
2. Grundlagen und Begriffe .....	6
2.1 Systemmodell, verteilte Daten .....	6
2.2 Zugriffe, Transaktionen .....	8
2.3 Zugriffsfolgen .....	11
2.4 Unverträglichkeiten, Konflikte .....	16
2.5 Korrektheit konkurrierender Transaktionen .....	16
2.6 Zugriffssynchronisation .....	20
2.6.1 Sperren .....	21
2.6.2 Scheduling von Zugriffsoperationen .....	26
2.6.3 Optimistische Verfahren .....	27
2.7 Besonderheiten dezentraler Zugriffssynchronisation ...	28
2.7.1 Sperren .....	28
2.7.2 Scheduling .....	30
2.7.3 Optimistische Zugriffssynchronisation .....	33
2.8 Aufwandsideale .....	33
2.8.1 Vorausdeklaration .....	34
2.8.2 Sukzessive Zugriffsanforderungen .....	34
3. Bisherige Ansätze zur Zugriffssynchronisation	
in verteilten Systemen .....	36
3.1 Universelle Verfahren .....	36
3.2 Spezialisierte Verfahren .....	38
3.2.1 Globaler Ausschluß .....	39
3.2.2 Vorausdeklaration der benötigten Objekte .....	41
3.2.3 N-fach verteilte Kopien .....	42
3.2.4 Vorausanalyse aller Transaktionen .....	44
3.3 Folgerungen .....	44
4. Ein neuer Ansatz zur dezentralen Zugriffssynchronisation	46
4.1 Grundmodell .....	46
4.1.1 Voraussetzungen und Annahmen .....	46
4.1.2 Systemstruktur .....	48

# Inhaltsverzeichnis

4.2	Prinzipien und Konzepte .....	49
4.2.1	Vereinfachte Zugriffssynchronisation .....	49
4.2.1.1	Direktes Erzeugen einer azyklischen Vorgängerrelation .....	50
4.2.1.2	Erzwingen einer azyklischen Blockaderelation .....	52
4.2.2	Dezentrale Festlegung global einheitlicher Rangziffern .....	55
5.	Verfahren I : Direktes Erzeugen einer azyklischen Vorgängerrelation .....	62
5.1	Ablaufbeschreibung .....	62
5.2	Beweise .....	69
5.3	Vereinfachung für reine Lesezugriffe .....	76
5.4	Realisierung .....	77
6.	Verfahren II : Verhinderung globaler Verklemmungen .....	82
6.1	Ablaufbeschreibung .....	83
6.2	Sicherstellung fairer Bedienung .....	91
6.3	Beweise .....	93
6.4	Realisierung .....	102
7.	Erweiterungen .....	104
7.1	Sukzessive Zugriffsanforderungen .....	104
7.1.1	Verfahren I .....	104
7.1.2	Verfahren II .....	105
7.1.2.1	Maßnahmen der Transaktionsverwalter ...	108
7.1.2.2	Maßnahmen der Zugriffsverwalter .....	111
7.1.2.3	Besonderheiten .....	111
7.2	Konversion der Zugriffsart beim Verfahren II .....	114
7.2.1	Maßnahmen der Transaktionsverwalter .....	114
7.2.2	Maßnahmen der Zugriffsverwalter .....	116
7.2.3	Besonderheiten .....	117
7.3	Mehrere Objekte je Speicherort .....	118
7.3.1	Verfahren I .....	119
7.3.2	Verfahren II .....	120
7.3.2.1	Maßnahmen der Transaktionsverwalter ...	120
7.3.2.2	Maßnahmen der Zugriffsverwalter .....	120

# Inhaltsverzeichnis

7.4	Verteilte Kopien .....	124
7.4.1	Erweiterungen für das Verfahren I .....	125
7.4.1.1	Maßnahmen der Transaktionsverwalter ...	125
7.4.1.2	Maßnahmen der Zugriffsverwalter .....	126
7.4.2	Verfahren II .....	126
7.4.2.1	Maßnahmen der Transaktionsverwalter ...	127
7.4.2.2	Maßnahmen der Zugriffsverwalter .....	131
7.4.2.3	Besonderheiten .....	132
7.5	Einfügen und Löschen von Objekten .....	133
7.5.1	Einfügen neuer Objekte .....	133
7.5.1.1	Maßnahmen der Transaktionsverwalter ...	133
7.5.1.2	Maßnahmen der Zugriffsverwalter .....	134
7.5.2	Löschen von Objekten .....	134
7.5.2.1	Maßnahmen der Transaktionsverwalter ...	134
7.5.2.2	Maßnahmen der Zugriffsverwalter .....	135
7.6	Ausfallbetrachtungen .....	137
7.6.1	Ausfall eines Zugriffsverwalters .....	139
7.6.2	Ausfall eines Transaktionsverwalters .....	144
7.6.3	Ausfälle im Transportsystem .....	145
8.	Experimentelle Untersuchungen .....	146
8.1	Modell .....	146
8.2	Parameter .....	147
8.3	Ergebnisse .....	149
9.	Zusammenfassung und Ausblick .....	154
10.	Anhang .....	158
10.1	Realisierung von Verfahren I .....	158
10.1.1	Allgemeine Vereinbarungen .....	158
10.1.1.1	Prozeßkommunikation .....	158
10.1.1.2	Globale Datentypen .....	159
10.1.2	Gliederung der Transaktionsverwalter .....	162
10.1.3	Gliederung der Zugriffsverwalter .....	167
10.1.3.1	Berücksichtigung von Laufzeiteffekten .....	167
10.1.3.2	Verwaltungsdaten .....	170
10.1.3.3	Funktionen und Prozeduren .....	171
10.1.3.4	Prozesse .....	174

## Inhaltsverzeichnis

10.2 Realisierung von Verfahren II .....	180
10.2.1 Allgemeine Vereinbarungen .....	180
10.2.2 Gliederung der Transaktionsverwalter .....	181
10.2.3 Gliederung der Zugriffsverwalter .....	186
10.2.3.1 Berücksichtigung von Laufzeiteffekten .....	186
10.2.3.2 Verwaltungsdaten .....	188
10.2.3.3 Funktionen und Prozeduren .....	189
10.2.3.4 Prozesse .....	190
11. Literatur .....	198