

Informatik-Fachberichte

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

99

Klaus Küspert

Fehlererkennung und Fehler-
behandlung in Speicherungs-
strukturen von Datenbanksystemen



Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York Tokyo

Autor

Dr. Klaus Küspert
Universität Kaiserslautern, Fachbereich Informatik
Erwin-Schrödinger-Straße, 6750 Kaiserslautern
z. Zt. Gastwissenschaftler am
Wissenschaftlichen Zentrum Heidelberg der IBM
Tiergartenstraße 15, 6900 Heidelberg

CR Subject Classifications (1985): D.4.5, E.1, E.2, H.2.2, H.2.7, H.3.2, I.6.3, I.6.4

ISBN-13: 978-3-540-15238-5 e-ISBN-13: 978-3-642-70288-4

DOI: 10.1007/978-3-642-70288-4

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek. Küspert, Klaus: Fehlererkennung und Fehlerbehandlung in Speicherungsstrukturen von Datenbanksystemen / Klaus Küspert. – Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer, 1985.
(Informatik-Fachberichte; 99)
ISBN-13: 978-3-540-15238-5

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 programs 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 1985

Vorwort

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachbereich Informatik der Universität Kaiserslautern. Dort beschäftigte ich mich im Rahmen des vom BMFT und der Siemens AG geförderten Projekts "Zuverlässigkeit und Kosten von Sicherungs- und Recovery-Techniken bei integrierten DB/DC-Systemen einschließlich Konsistenzprüfung und Revisionsunterstützung" mit den Themen Leistungsanalyse von Speicherungsstrukturen in Datenbanksystemen, Leistungsmessung und -bewertung in DB/DC-Systemen sowie Fehlertoleranz in Datenbanksystemen.

Dem Leiter des Projekts, Herrn Prof. Dr. Theo Härder, möchte ich an dieser Stelle besonders für die Anregung danken, mich mit dem Thema "Fehlererkennung und Fehlerbehandlung in Speicherungsstrukturen von Datenbanksystemen" zu beschäftigen, sowie für viele Hinweise und Anmerkungen, die wesentlich zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beigetragen haben. Herrn Prof. Dr. Jürgen Nehmer danke ich für sein stets gezeigtes Interesse an dieser Arbeit sowie für die Bereitschaft zur Übernahme der zweiten Berichterstattung.

Bei Herrn Dr. Andreas Reuter möchte ich mich für zahlreiche Vorschläge und Anregungen bedanken, mit denen er mich an seinem umfangreichen Wissen aus dem Bereich der Datenbank-Recovery teilhaben ließ. Meinen Kollegen Peter Christmann, Horst Kinzinger, Klaus Meyer-Wegener, Bernhard Mitschang und Peter Peinl sowie meiner Kollegin Andrea Sikeler gilt mein Dank für viele hilfreiche Gespräche und Diskussionen während der Abfassung der Arbeit.

Frl. Agnes Wycisk und Herr Gerald Petry haben in ihren Diplom- bzw. Projektarbeiten bedeutende Ergebnisse zu dieser Arbeit beigetragen. Frl. Petra Bohn und Herr Dietmar Wetzlar haben mit großer Sorgfalt die Reinzeichnung der Abbildungen erledigt, und Frl. Agathe Rasbach hat einen Großteil der Reinschrift des Manuskripts besorgt. Ihnen allen danke ich für den gezeigten Einsatz und die gute Zusammenarbeit. Nicht zuletzt gilt mein Dank auch meiner Verlobten Elke, die nicht nur das mühselige Korrekturlesen der Arbeit mehrmals auf sich genommen hat, sondern darüber hinaus für die notwendige moralische Unterstützung während der letzten Jahre gesorgt hat.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit werden Fehlererkennungs- und Fehlerbehandlungsmaßnahmen vorgestellt, die auf Verletzungen der physischen Integrität (Speicherkonsistenz) einer Datenbank (DB) ausgerichtet sind. Derartige Inkonsistenzen sollten während der laufenden DB-Verarbeitung vom Datenbank-Verwaltungssystem (DBVS) erkannt und mittels geeigneter Verfahren selbständig behandelt werden, wobei es auch darauf ankommt, daß die DB-Verarbeitung dadurch nur möglichst wenig behindert wird. Diese Aufgaben werden als "online"-Fehlererkennung und -behandlung bezeichnet.

Mit Hilfe eines Fehlermodells werden die in einer Datenbank möglichen Verletzungen der Speicherkonsistenz erfaßt und klassifiziert, um damit eine Grundlage für die Fehlererkennung und -behandlung zu schaffen. Daran anschließend werden Verfahren zur "online"-Fehlererkennung für die Hardware, das Betriebssystem und das DBVS vorgestellt. Im DBVS wird zwischen der Fehlererkennung durch den Systempufferverwalter einerseits und durch den Record-Manager und die Zugriffspfadverwaltung andererseits unterschieden. Vor allem wird auf die zeiteffiziente Prüfungsdurchführung Wert gelegt. Es folgt eine Diskussion verschiedener Vorgehensweisen zur "online"-Fehlerbehandlung, wobei u.a. auf die Nutzung der Log-Dateien und der in Datenbanken vorhandenen Redundanzen eingegangen wird. Die mit der Fehlerbehandlung verbundenen Kosten werden unter Zugrundelegung bestimmter Modellannahmen abgeschätzt.

Zur Bestimmung des Einflusses der Fehlererkennungsmaßnahmen auf den DB-Betrieb wurden mehrere Hashtabellen- und B*-Baum-Varianten, die in unterschiedlichem Umfang Redundanzen enthielten, in Simulationsprogrammen implementiert und hinsichtlich ihrer Verarbeitungskosten untersucht. Dabei hat es sich, wie im letzten Teil der Arbeit ausgeführt wird, gezeigt, daß der durch die Mitführung der Redundanzen verursachte Anstieg an Ein-/Ausgabe-Operationen etwa zwischen einem und fünf Prozent liegt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Stand der Wissenschaft	6
2.1 Einführung	6
2.2 Begriffsklärungen	7
2.3 Fehlervermeidung und Fehlertoleranz im Hardware-Bereich	11
2.4 Fehlervermeidung und Fehlertoleranz im Software-Bereich	14
2.5 Fehlererkennung und Fehlerbehandlung in Datenbanksystemen	23
2.5.1 Ein Schichtenmodell des DBS-Entwurfs	24
2.5.2 "Traditionelle" Fehlerbehandlung in Datenbanksystemen	29
2.5.3 Fehlererkennung für Inkonsistenzen in Datenbanken	36
2.5.4 Fehlerbehandlung für Inkonsistenzen in Datenbanken	43
2.5.5 Vorschläge für fehlertolerante Speicherungsstrukturen	47
2.6 Folgerungen aus dem Stand der Wissenschaft	66
3. Fehleranalyse und Fehlerklassifikation für physische Inkonsistenzen in Datenbanken	68
3.1 Fehler bzgl. der externen Speichermedien (Platten)	68
3.2 Fehler bzgl. der peripheren Geräte und Verbindungen	69
3.3 Fehler im Zusammenhang mit der Zentraleinheit	70
3.4 Fehler infolge eines Betriebssystemfehlverhaltens	70
3.5 Fehler infolge eines DBVS-Fehlverhaltens	71
3.6 Typenbildung und Klassifikation	74
4. Verfahren zur Fehlererkennung	76
4.1 Fehlererkennung durch die Hardware und das Betriebssystem	76
4.2 Fehlererkennung im Pufferverwalter des DBVS	77
4.2.1 Verwendung von Schutzzonen zwischen Seiten im Puffer	78
4.2.2 Schutz von Seiten gegen unbeabsichtigtes Modifizieren	81
4.2.3 Benutzung von Seitenidentifikatoren und -typindikatoren	83
4.2.4 Weitere Prüfmöglichkeiten	87
4.3 Lokale Konsistenzprüfungen im Record-Manager und in der Zugriffspfad- verwaltung	88
4.3.1 Zur Lösung des Sortierordnungsproblems	89
4.3.2 Zur Lösung des Freiplatzverwaltungsproblems	98
4.3.3 Zur Lösung des Satzadressierungsproblems	107
4.3.4 Sonstige Möglichkeiten zu lokalen Konsistenzprüfungen	113

4.4	Seitenübergreifende Konsistenzprüfungen für Hashtabellen mit "separate chaining"	113
4.4.1	Seitenformate und Verweisstrukturen	114
4.4.2	Operationen und ihre Zerlegung in Primitive	116
4.4.3	Fehlerklassifikation	118
4.4.4	Praktische Untersuchungen am Datenbanksystem UDS	120
4.4.5	Redundanzen und Verfahren zur Fehlererkennung	123
4.5	Seitenübergreifende Konsistenzprüfungen für B*-Bäume	132
4.5.1	Seitenformate und Verweisstrukturen	132
4.5.2	Operationen und ihre Zerlegung in Primitive	134
4.5.3	Fehlerklassifikation	137
4.5.4	Praktische Untersuchungen am Datenbanksystem UDS	142
4.5.5	Redundanzen und Verfahren zur Fehlererkennung	144
4.5.5.1	Erkennung von Verweisinkonsistenzen	144
4.5.5.2	Erkennung von Schlüsselwertinkonsistenzen	150
4.5.5.3	Zusammenfassung und Bewertung	152
5.	Verfahren zur Fehlerbehandlung	159
5.1	Klassifikation zur "online"-Fehlerbehandlung	159
5.2	Grundlagen der Kostenbestimmung	163
5.2.1	Annahmen zur Datenbankgröße	163
5.2.2	Annahmen zu den Kosten für DB-Zugriffe	165
5.3	Spezielle Probleme der Fehlerbehandlung bei Slotdefekten	167
5.3.1	Umlagerung einer betroffenen Struktur	167
5.3.2	Verwendung von Extent-Tabellen und Invalid-Listen	171
5.4	Fehlerbehandlung bei vollständig zerstörten FPA- und DBTT-Seiten	176
5.4.1	Fehlerbehandlung für FPA-Zerstörungen	176
5.4.2	Fehlerbehandlung für DBTT-Zerstörungen	179
5.5	Probleme bei der Fortsetzung der DB-Verarbeitung mit komplett zerstörten Seiten in Hashtabellen und B*-Bäumen	186
5.6	Verfahren zur Fehlerkorrektur in Hashtabellen mit "separate chaining"	192
5.6.1	Die GREEDY-Methode	192
5.6.2	Wiederherstellung fehlerfreier Überlaufketten bei einzelnen Inkonsistenzen	198
5.7	Ein Verfahren zur Fehlerkorrektur in B*-Bäumen	206
6.	Simulation von Hashtabellen und B*-Bäumen	216
6.1	Kostenmaße zur Bewertung des Verarbeitungsaufwands für Hashtabellen und B*-Bäume	217
6.2	Untersuchungen zu Hashtabellen mit "separate chaining"	219
6.2.1	Die betrachteten Implementierungen	219
6.2.2	Einige Kostenüberlegungen	223

	Seite
6.2.3 Simulationsreihen und -ergebnisse	227
6.3 Untersuchungen zu B*-Bäumen	237
6.3.1 Die betrachteten Implementierungen	237
6.3.2 Simulationsreihen und -ergebnisse	240
6.4 Zusammenfassende Bewertung der Simulationsergebnisse	252
7. Zusammenfassung und Ausblick	255
Literaturverzeichnis	259
Abbildungsverzeichnis	266
Tabellenverzeichnis	268
Abkürzungsverzeichnis	270
Anhang	273