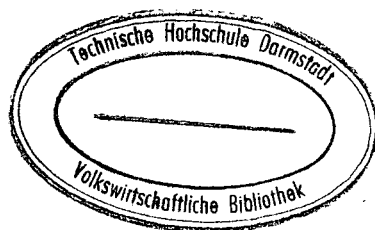


Gottfried Vossen

Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbank-Management- Systeme

2. aktualisierte und erweiterte Auflage



ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY

Bonn · Paris · Reading, Massachusetts · Menlo Park, California · New York
Don Mills, Ontario · Wokingham, England · Amsterdam · Milan · Sydney
Tokyo · Singapore · Madrid · San Juan · Seoul · Mexico City · Taipei, Taiwan

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur ersten Auflage	xiii
Vorwort zur zweiten Auflage	xv
I Einführung	1
1 Das „Warum“ und das „Was“	3
1.1 Zur Einordnung des Gebiets „Datenbanken“	3
1.2 Filesysteme	4
1.3 Generische Sicht eines Datenbanksystems	7
1.4 Prärelationale Systeme	9
1.5 Relationale Systeme	11
1.6 Kommerzielle Anwendungen	12
1.7 Anforderungen neuartiger Anwendungen	16
1.8 Postrelationale Systeme	18
2 Das 3-Ebenen-Architekturmodell für Datenbanken	20
2.1 Datenunabhängigkeit	20
2.2 Datenmodelle und -schemata	21
2.3 Die ANSI/SPARC-Modellebenen	23
2.4 Sprachebenen und -klassen	26
3 Aufbau und Organisation von DBMS	30
3.1 Datenbanken und Informationssysteme	30
3.2 Schichtenmodell eines DBMS	31
3.3 Zentrale DBMS-Komponenten	33
Bibliographische Hinweise und Ergänzungen	40
Übungen	42

II	Datenbankentwurf und traditionelle Datenmodelle	43
4	Der Datenbank-Entwurfsprozeß	45
4.1	Der Datenbank-Lebenszyklus	46
4.2	Phasen des Entwurfsprozesses	48
4.2.1	Anforderungsanalyse und -spezifikation	48
4.2.2	Konzeptioneller Entwurf	49
4.2.3	Logischer und Implementierungsentwurf	51
4.2.4	Weitere Entwurfsschritte	51
5	Das Entity-Relationship-Modell	53
5.1	Abstraktionskonzepte	53
5.2	Entities und Attribute	55
5.3	Relationships	63
5.4	IS-A-Beziehungen	70
5.5	Zusammenfassung	75
6	Netzwerk- und hierarchisches Modell	83
6.1	Konstrukte des Netzwerk-Modells	83
6.2	Transformation eines ER-Diagramms in das Netzwerk-Modell	90
6.3	Schema-Deklaration für Netzwerk-Datenbanken	98
6.3.1	Normalisierung einer ER-Transformation	98
6.3.2	Deklaration	101
6.3.3	Integritätsbedingungen	102
6.4	Satzweise Navigation	102
6.4.1	Direkter Zugriff auf Record-Typ-Ebene	107
6.4.2	Sequentieller Zugriff auf Record-Typ-Ebene	109
6.4.3	Direkter Zugriff auf Set-Typ-Ebene	110
6.4.4	Sequentieller Zugriff auf Set-Typ-Ebene	110
6.4.5	Datenbank-Updates	112
6.5	Grundzüge des hierarchischen Modells	114
6.6	Zugriff auf hierarchische Datenbanken	121
7	Das relationale Datenmodell	123
7.1	Relationen	123
7.2	Datenabhängigkeiten. Relationenschemata	126
7.2.1	Intrarelationale Abhängigkeiten	127
7.2.2	Relationale Datenbanken	130
7.2.3	Interrelationale Abhängigkeiten	130
7.3	Transformation eines ER-Diagramms in das Relationenmodell	134
7.3.1	Vorbereitende Schritte	134
7.3.2	Transformation	135
	Bibliographische Hinweise und Ergänzungen	140
	Übungen	143

III	Theoretische Grundlagen des Relationenmodells	149
8	Datenmanipulation im Relationenmodell	151
8.1	Die Relationenalgebra	151
8.1.1	Relationale Operationen und ihre Rechenregeln	152
8.1.2	Ausdrücke der Relationenalgebra	158
8.1.3	Eigenschaften der Relationenalgebra	161
8.1.4	Algebraische Optimierung	163
8.2	Relationenkalküle	165
8.2.1	Der Relationen-Tupelkalkül	165
8.2.2	Der Relationen-Domainskalkül	170
8.3	Erweiterungen der Relationenalgebra. Berechenbare Anfragen	171
8.4	Grundlagen von Datalog	175
8.5	Datenbank-Updates	181
8.6	View-Updates	186
9	Datenabhängigkeiten	191
9.1	Funktionale Abhängigkeiten	191
9.1.1	Definition. Implikation	191
9.1.2	Ableitung. Das Membership-Problem	194
9.1.3	Anwendungen des Membership-Algorithmus. Schlüssel	200
9.1.4	Alternative Charakterisierungen des Implikationsbegriffs	204
9.1.5	(Abhängigkeits-) Basen	207
9.1.6	FDs und Updates	211
9.2	Bemerkungen zur allgemeinen Implikation	213
9.3	Mehrwertige und Verbund-Abhängigkeiten	215
9.4	Inklusionsabhängigkeiten	218
10	Der Sprachstandard SQL	221
10.1	Zur Evolution von SQL	221
10.2	Datenbank-Definition	223
10.2.1	Datenbankschema-Definition	223
10.2.2	Tabellen-Definition	224
10.2.3	Integritätsbedingungen	225
10.2.4	Ein Beispiel	226
10.2.5	Weitere Definitionsaspekte	228
10.3	Datenbank-Updates	230
10.4	Datenbank-Anfragen	230
10.4.1	Einführung	230
10.4.2	Zur Syntax von SELECT	232
10.4.3	Semantik von SELECT am Beispiel von RA-Ausdrücken	235
10.4.4	Verbund-Operatoren in SQL	236
10.4.5	Beispiele	240
10.4.6	Abschließende Bemerkungen	247

11 Normalisierung und algorithmischer Schema-Entwurf	249
11.1 Update-Anomalien	250
11.2 Zweite, dritte und Boyce-Codd-Normalform	251
11.3 Dekomposition und Synthese	257
11.4 Vierte und fünfte Normalform	268
12 Universalrelationen–Anfragen	271
12.1 Fenster-Funktionen	271
12.2 Bottom-Up-Auswertungsstrategien	273
12.3 Die repräsentative Instanz einer Datenbank	280
Bibliographische Hinweise und Ergänzungen	286
Übungen	292
 IV Höhere Datenmodelle	 301
13 Das geschachtelte Relationenmodell	303
13.1 Einführung	303
13.2 Geschachtelte Strukturen	304
13.2.1 Geschachtelte Formate	304
13.2.2 Geschachtelte Relationen	306
13.3 Operationen auf geschachtelten Relationen	307
13.3.1 Projektion und Selektion	308
13.3.2 Nestung und Entnestung	310
13.3.3 Natürlicher Verbund	315
13.4 Abschließende Bemerkungen	316
14 Semantische Datenmodelle am Beispiel GSM	318
14.1 Grenzen des ER-basierten (konzeptionellen) Datenbank-Entwurfs	318
14.2 Zur Evolution von Datenmodellen	320
14.3 Das Generische Semantische Modell (GSM)	322
14.4 Lokale GSM-Konstrukte	322
14.4.1 Atomare und konstruierte Typen	323
14.4.2 Attribute	324
14.4.3 IS-A-Beziehungen	329
14.5 Globale GSM-Aspekte	330
14.6 Zusammenfassung	332
15 Grundlagen objektorientierter Datenmodelle	336
15.1 Motivation	336
15.2 Objektorientierung in höheren Programmiersprachen	340
15.2.1 Zur Historie	340
15.2.2 Zusammenfassung: Das Paradigma der Objektorientierung	344
15.3 Kennzeichen objektorientierter Datenmodelle	346
15.4 Modellierung von Struktur	348

15.4.1 Überlegungen zu Tupel- und Mengen-Konstruktor	348
15.4.2 Komplexe Typen und Werte. Objekt-Identität	350
15.4.3 Vererbung von Struktur	354
15.4.4 Struktur-Schemata	355
15.4.5 Zum logischen Entwurf von strukturellen Schemata	359
15.5 Modellierung von Verhalten	361
15.6 Objektbank-Schemata und -Instanzen	364
15.7 Einführung in den Object Database Standard	367
15.7.1 Grundzüge des ODMG-93-Objektmodells	368
15.7.2 Die Objekt-Definitionssprache ODL	372
15.8 Spezielle Eigenschaften von objektorientierten Datenbanksprachen . .	375
15.8.1 Einführung	375
15.8.2 Zugriff auf komplexe Objekte. Pfad-Ausdrücke	376
15.8.3 Zugriff auf Mengen von Objekten	378
15.8.4 Update-Operationen	379
15.9 Zur objektorientierten Erweiterung des SQL-Standards	380
Bibliographische Hinweise und Ergänzungen	384
Übungen	387
 V Grundlagen der Datenbanksystemtechnik	 391
16 Interne Datenbank- und Speicherorganisation	393
16.1 Einführung	393
16.2 Files	395
16.3 Puffer-Verwaltung	397
16.4 Indexe	398
16.5 Baumstrukturen	400
16.6 Hash-Organisation	409
16.7 Speicherung komplexer Objekte	413
16.7.1 Direktes Speichermodell	414
16.7.2 Normalisiertes Speichermodell	415
16.7.3 Index-Strukturen zur Auswertung von Pfad-Ausdrücken	417
16.8 Überlegungen zum physischen Datenbank-Entwurf	420
17 Verarbeitung und Optimierung von Anfragen	424
17.1 Anfrage-Verarbeitung im Überblick	425
17.2 Anfrage-Optimierung	426
17.2.1 Ziele und Ansätze	426
17.2.2 High-Level-Optimierung	427
17.2.3 Low-Level-Optimierung	431
17.3 Implementierungstechniken für den Verbund	433
17.3.1 Nested-Loop-Join	433
17.3.2 Sort-Merge-Join	433

17.3.3 Hash-Join	434
17.4 Spezielle QEP-Parameter	435
17.5 Zur Architektur von Anfrage-Prozessoren	438
17.6 Der Systemkatalog am Beispiel DB2	440
18 Transaktionsverarbeitung. Concurrency Control	443
18.1 Einführung	443
18.2 Typische Synchronisationsprobleme	447
18.3 Das ACID-Prinzip	449
18.4 Das Read-Write-Modell für Transaktionen	451
18.5 Schedules und Serialisierbarkeit	453
18.5.1 Schedules	454
18.5.2 View-Serialisierbarkeit	458
18.5.3 Konflikt-Serialisierbarkeit	459
18.5.4 Commit-Serialisierbarkeit	464
18.6 Fehlersicherheit von Schedules	466
18.6.1 Motivation	466
18.6.2 Rücksetzbarkeit	467
18.6.3 Vermeidung kaskadierender Aborts	468
18.6.4 Striktheit	469
18.6.5 Zusammenhang zur Serialisierbarkeit. Korrekte Schedules	470
18.7 Überlegungen zum Scheduler-Entwurf	471
18.8 Sperrende Scheduler	475
18.8.1 Einführung	475
18.8.2 Das 2-Phasen-Sperrprotokoll	477
18.8.3 Varianten des 2-Phasen-Sperrprotokolls	481
18.8.4 Das MGL-Protokoll	483
18.8.5 Das TL-Protokoll	487
18.9 Nicht-sperrende Scheduler	489
18.9.1 Zeitmarken-Verfahren	489
18.9.2 Serialisationsgraphen-Tester	491
18.10 Zur Ausnutzung semantischer Information	493
19 Grundlagen des Recovery	498
19.1 Einführung	498
19.2 Zur Organisation eines Data-Managers	500
19.3 Der Recovery-Manager	502
19.4 Ein Undo/Redo-Protokoll	506
19.5 Alternativen zum Undo/Redo-Protokoll	508
20 Aspekte der Integritätssicherung	510
20.1 Einführung	511
20.2 Klassifikation von Integritätsbedingungen	512
20.3 Spezifikation von Integritätsbedingungen	515
20.3.1 Übersicht	515
20.3.2 Verwendung relationaler Sprachen	516
20.3.3 Assertions in SQL2	517

20.4	Integritätsüberwachung	519
20.4.1	Anfrage-Modifikation	520
20.4.2	Das Trigger-Konzept	520
20.4.3	Trigger in SQL3	521
20.5	Aktive Datenbanken	522
20.6	Datenbank-Schutz	525
21	Datenbank-Tuning. Benchmarks	527
21.1	Datenbank-Tuning	527
21.1.1	Grundlegende Tuning-Prinzipien	528
21.1.2	Concurrency-Control-Tuning	529
21.1.3	Recovery-Tuning	533
21.1.4	Tuning von Indexen	534
21.1.5	Tuning in relationalen Systemen	535
21.2	Datenbank-Benchmarks	535
21.2.1	Der Wisconsin-Benchmark	536
21.2.2	Die TPC-Benchmarks	538
21.2.3	Der Sun-Benchmark	540
21.2.4	Der HyperModel-Benchmark	542
21.2.5	Der OO7-Benchmark	545
	Bibliographische Hinweise und Ergänzungen	548
	Übungen	553
VI	Datenbanksysteme: Stand und Ausblick	559
22	Relationale Datenbanksysteme	561
22.1	Einführung	561
22.2	Beispiel 1: DB2	563
22.2.1	Übersicht	563
22.2.2	Logische Speicherorganisation	564
22.2.3	Speicherung von Tabellen	566
22.2.4	Anfrage-Optimierung	568
22.2.5	Anwendungsprogrammierung. Das Cursor-Konzept	569
22.3	Das Client-Server-Architekturkonzept	571
22.4	Beispiel 2: Oracle7	572
22.4.1	Interne Architektur	572
22.4.2	SQL und PL/SQL	575
22.4.3	Trusted Oracle und der Media Server	576
23	Objektorientierte Datenbanksysteme	577
23.1	Architekturkonzepte	577
23.2	Beispiel 1: GemStone	582
23.2.1	Systemübersicht	582
23.2.2	Die Sprache OPAL	583

23.2.3	Struktur-Definition in OPAL	584
23.2.4	Methoden in OPAL	586
23.2.5	Datenmanipulation	587
23.2.6	Bemerkungen zur Transaktionsverarbeitung	590
23.3	Beispiel 2: O ₂	591
23.3.1	Übersicht. Das Datenmodell	592
23.3.2	Struktur- und Verhaltensdefinition	593
23.3.3	Datenmanipulation. O ₂ SQL	595
23.3.4	Interne Architektur von O ₂	598
23.4	Beispiel 3: ObjectStore	599
23.5	Abschließende Bemerkungen	601
24	Weitere Arten kommerzieller Systeme	602
24.1	Ein Netzwerk-System: UDS	602
24.2	Ein hierarchisches System: IMS	604
24.3	Ein erweitert-relationales System: Postgres	605
24.4	Ein OR-System: UniSQL/X	611
25	Ausblick	614
25.1	Anwendungsspezifische Systeme	614
25.2	Deduktive Datenbanksysteme	616
25.3	Erweiterbare Systeme und System-Generatoren	617
25.4	Zeitunterstützung in Datenbanken	621
25.5	Hauptspeicherresidente Datenbanken	624
25.6	Parallele Datenbanksysteme	625
25.7	Multimedia-Datenbanken	626
25.8	Wissenschaftliche Datenbanken, insbes. Sequenz-Datenbanken	627
25.9	Weitere aktuelle Fragestellungen	627
	Bibliographische Hinweise und Ergänzungen	630
	Übungen	633
	Literaturverzeichnis	634
	Sachindex	667
	Namenindex	680